

FISIOLOGIA MEDICINA

**FISIOLOGÍA
DEL
APARATO DIGESTIVO**

2009

Ximena Páez

TEMA 10

- I. ABSORCIÓN
- II. MOV. SUSTANCIAS
- III. ABS. CARBOHIDRATOS
- IV. ABS. PROTEÍNAS
- V. ABS. GRASAS
- VI. ABS. AC. NUCLEICOS



I. ABSORCIÓN

- 1. Concepto**
- 2. Factores**
- 3. Absorción de nutrientes**

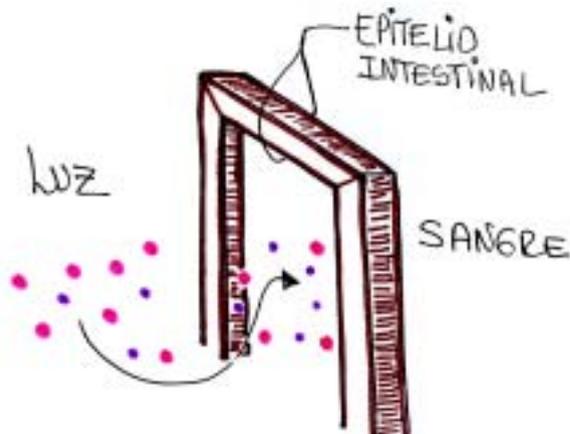


El propósito de la DIGESTIÓN es:

PREPARAR NUTRIENTES
para ser
ASIMILADOS



ABSORCIÓN INTESTINAL



"PORTAL
DE
ABSORCIÓN"

MOLÉCULAS
atraviesan el
EPI TELIO INTESTINAL
para ir
de **LUZ** a **CIRCULACIÓN**



GRAN ÁREA EPITELIAL
YEYUNO-ILEON

destinada a la

ABSORCIÓN

200 m² !!

De los nutrientes que llegan diariamente,
se absorbe casi el 100%
en el intestino delgado

I. ABSORCIÓN

2. Factores

- * **ÁREA > 200 m² !!!**
- * **GRADIENTES DE CONCENTRACIÓN DE SOLUTOS a absorberse**
- * **PRESIONES OSMÓTICAS**
 - luz
 - células
 - intersticio
 - sangre



I. ABSORCIÓN

3. Nutrientes

CARBOHIDRATOS y PROTEÍNAS

Absorción por: **TRANSPORTE ACTIVO**

En: Intestino delgado **MEDIO**

Destino: **sangre portal**

GRASAS

Absorción por: **DIFUSIÓN SIMPLE**

En: Intestino delgado **SUPERIOR**

Destino: **linfa**

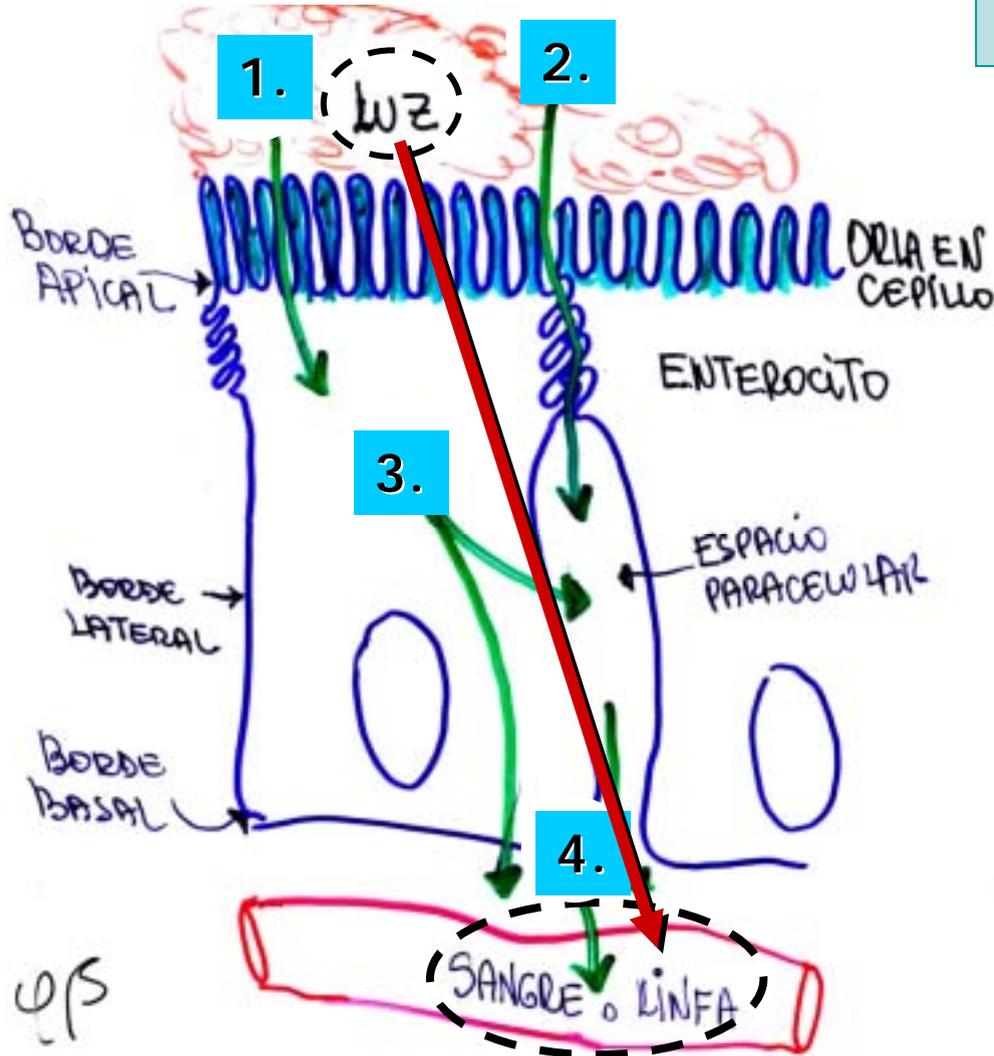
II. MOV. SUSTANCIAS A TRAVÉS DE MEMBRANAS

1. Mov. de la luz a circulación
2. Transportes
3. Gradiente de sodio
4. Bomba de sodio potasio



II. MOV. SUSTANCIAS

1. MOV. de LUZ a CIRCULACIÓN

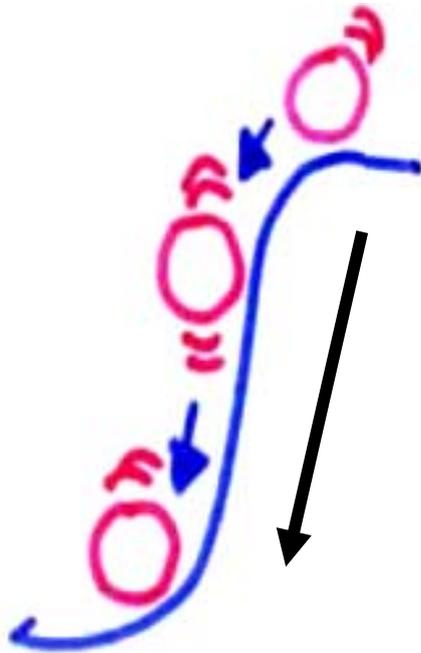


A través de ENTEROCITOS

II. MOVIMIENTO SUSTANCIAS

2. Transportes

T. PASIVO



- A favor de un gradiente
- Sin gasto de energía

Difusión simple

agua, grasas

Difusión facilitada

saturable, específica
glucosa del enterocito al intersticio
con GLUT2



2. Transportes

T. PASIVO



$$\Delta Q/\Delta t =$$

$$\frac{\text{coef. difusión} \times \text{área} \times \Delta \text{concentración}}{\text{distancia}}$$

$$\Delta Q/\Delta t =$$

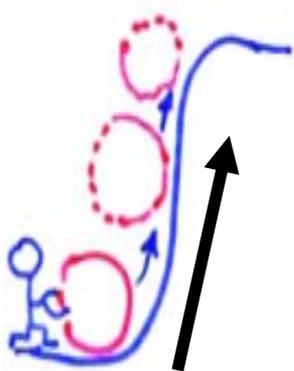
$$\text{moléculas difundidas/s}$$

TRANSPORTE ACTIVO

- Contra gradiente electroquímico
- Efectivo a bajas concentraciones en la luz
- Demuestra cinética saturable
- Requiere gasto de energía
- Demuestra alta especificidad iónica



T. ACTIVO PRIMARIO



eps

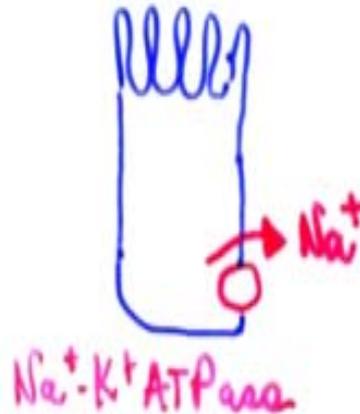
II. MOVIMIENTO SUSTANCIAS

2. Transportes

BOMBAS

- Contragradiante
- Con gasto de energía

Borde laterobasal enterocito



Borde Apical c. parietal

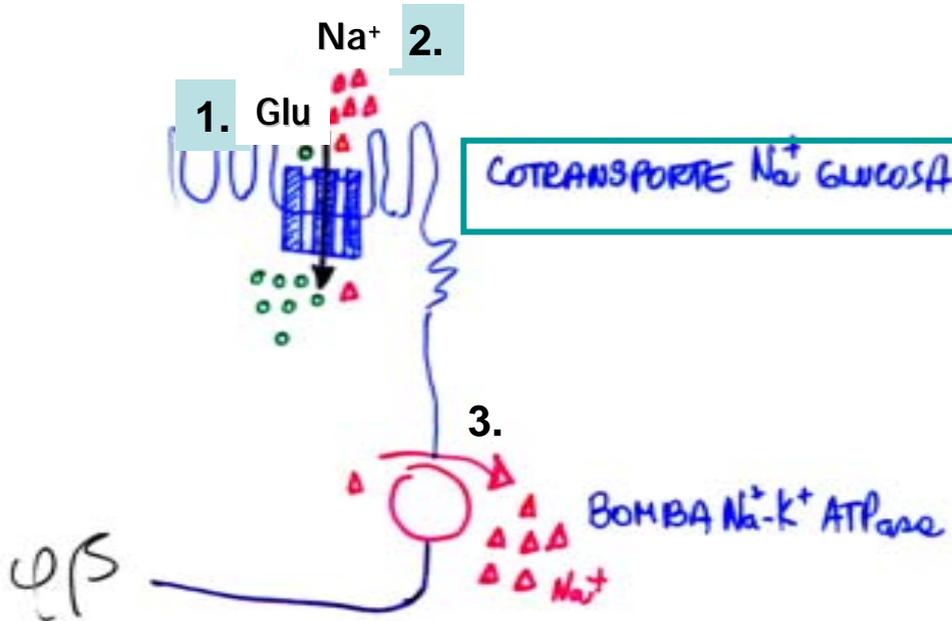




2. Transportes

T. ACTIVO SECUNDARIO

- Contra gradiente
- Mov acoplado por el TRANSPORTADOR al mov. del ión que se mueve pasivamente
- Energía: gradiente del ión que se mueve pasivamente, creado y mantenido por una BOMBA

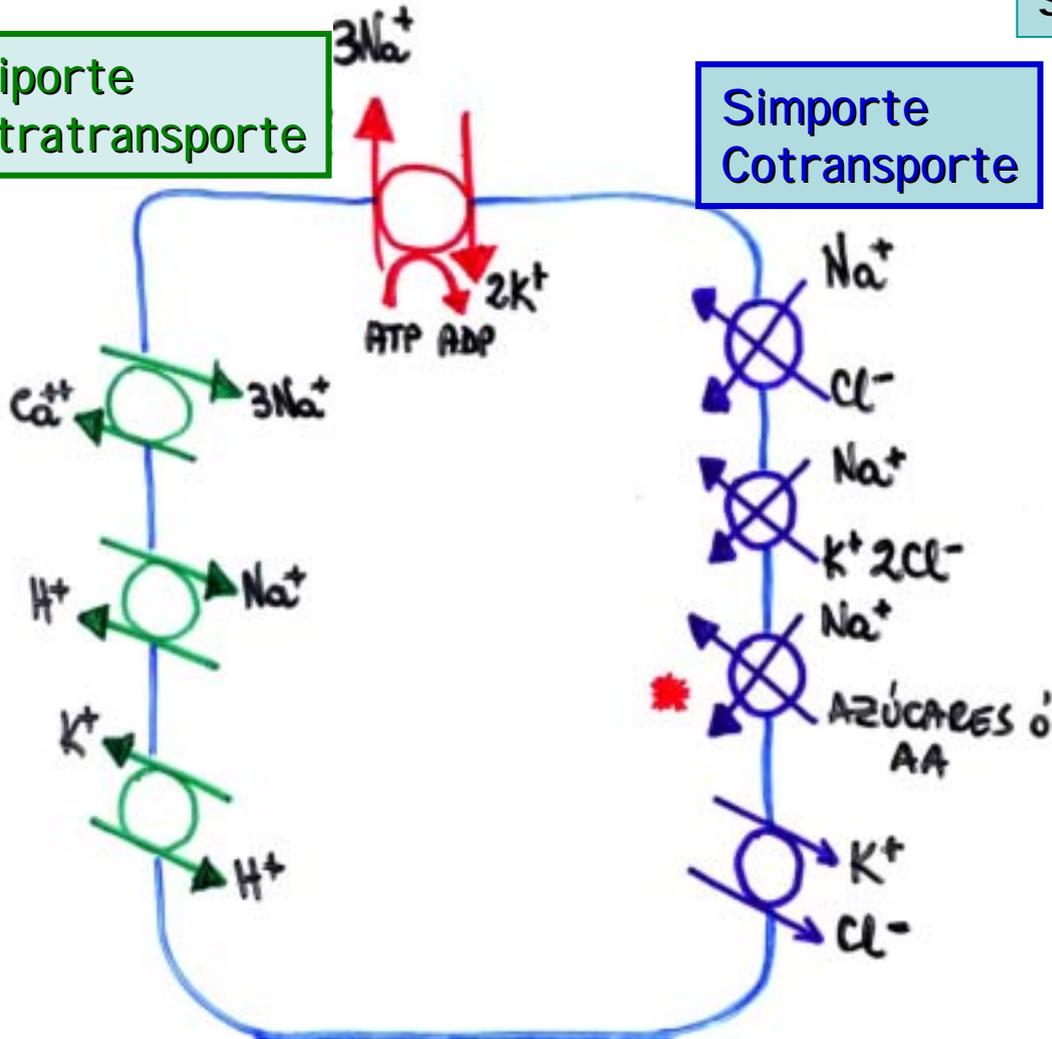


2. Transportes

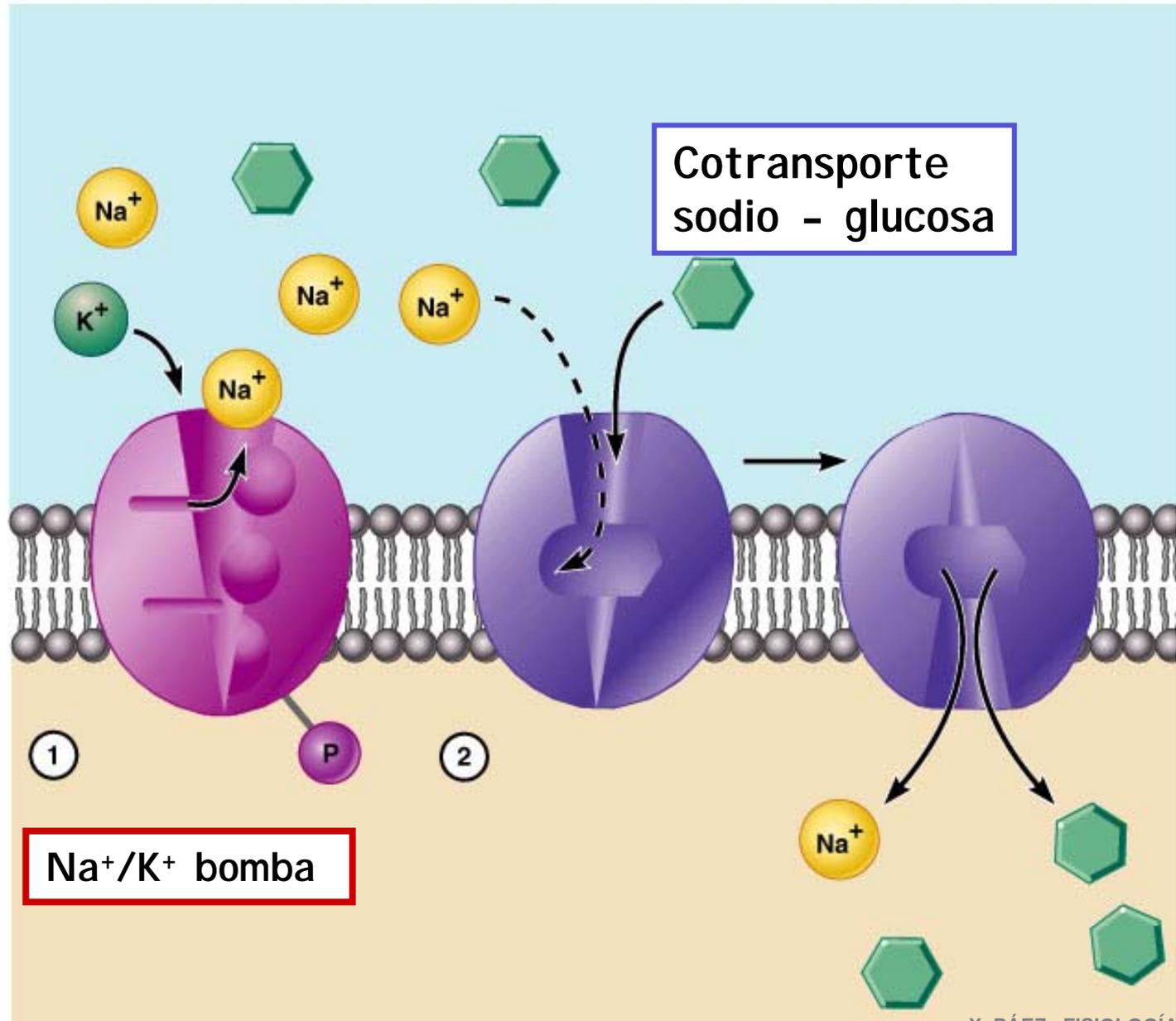
T. ACTIVO
SECUNDARIO

Antiporte
Contratransporte

Simporte
Cotransporte



T. ACTIVO SECUNDARIO



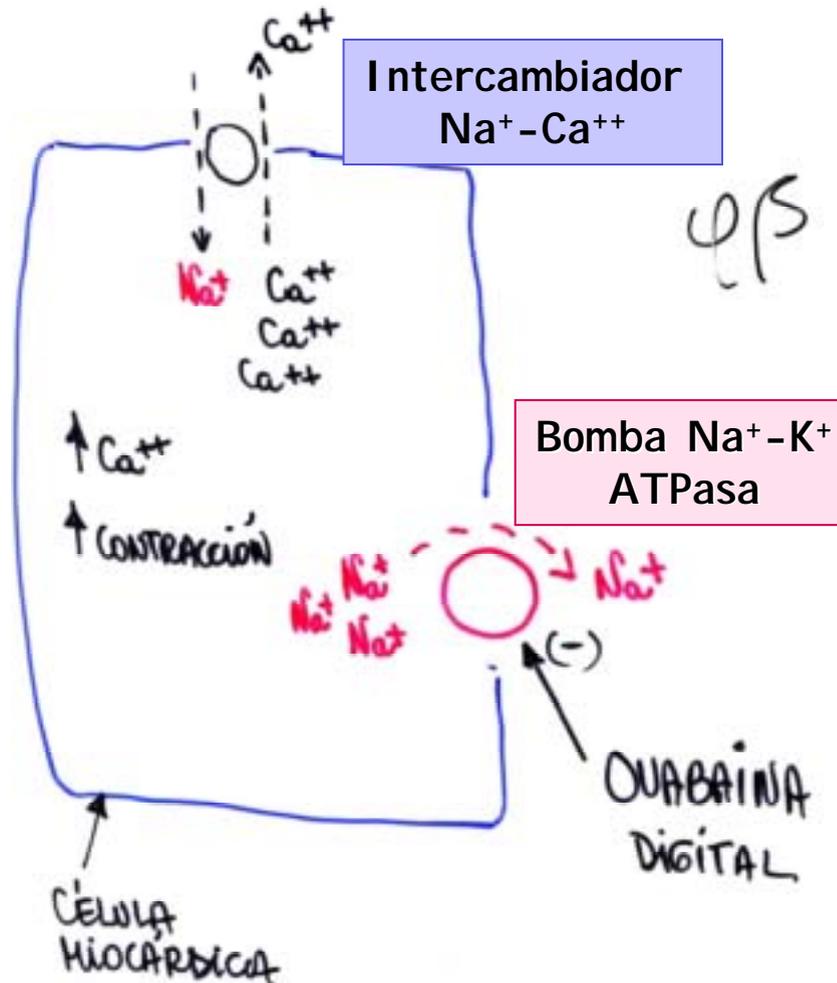
Na⁺/K⁺ bomba

Cotransporte
sodio - glucosa

2. Transportes

T. ACTIVO
SECUNDARIO

* CONTRA TRANSPORTE
INTERCAMBIO $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$



Acción de ouabaina

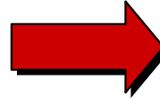
Digital:
efecto inotrópico en
insuficiencia cardíaca



II. MOVIMIENTO SUSTANCIAS

3. Gradiente sodio

IMPORTANCIA
DEL
ESTABLECIMIENTO
DE
GRADIENTE DE SODIO
a
ENTRAR



ABSORCIÓN
agua y moléculas
orgánicas



3. Gradiente sodio

ABSORCIÓN

Establecimiento de GQ Na^+ a entrar
M. Apical del enterocito

BOMBA $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPasa
M. laterobasal



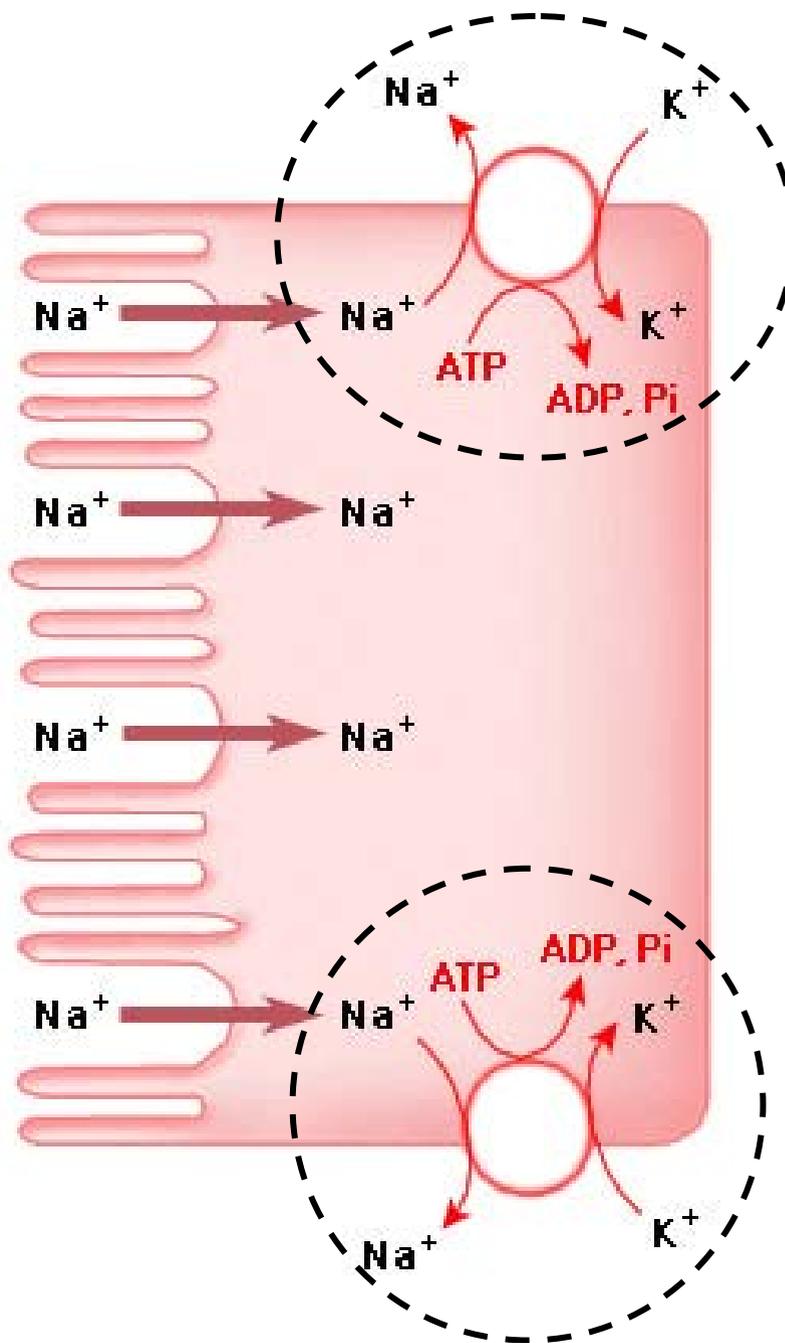
GQ Na^+ a entrar crea

- Fuerza osmótica para Abs. agua
- FUERZA para Cotransporte Na^+
CH
AA
SB
Vit Hidrosolubles

Agua sigue
al sodio

**

LUZ



3. Gradiente sodio

Creación de gradiente de sodio a entrar

Bombas de Na^+ - K^+ basolaterales



II. MOVIMIENTO SUSTANCIAS

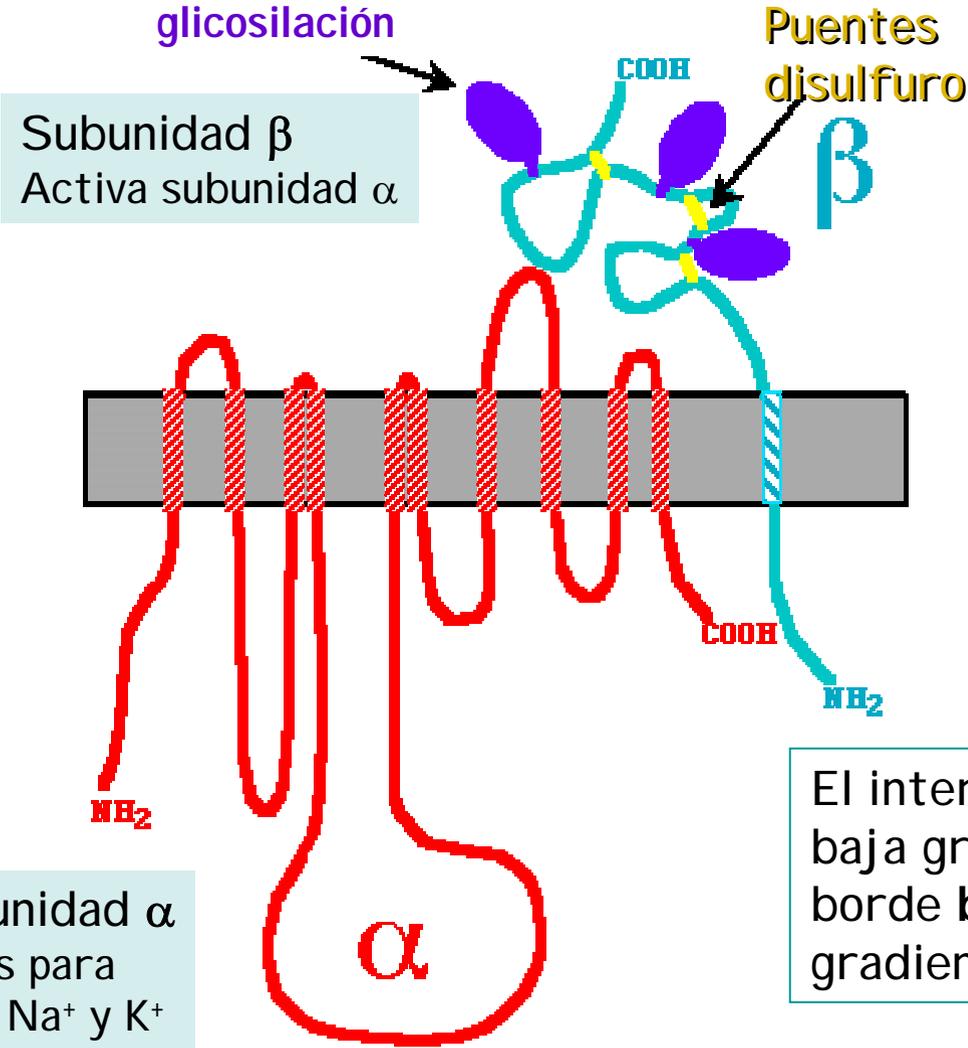
3. Gradiente sodio

Establecimiento gradiente
de Na^+ a entrar

CONCEPTO CRÍTICO
cuya comprensión

ha
SALVADO
MUCHAS VIDAS!!

4. Bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPasa



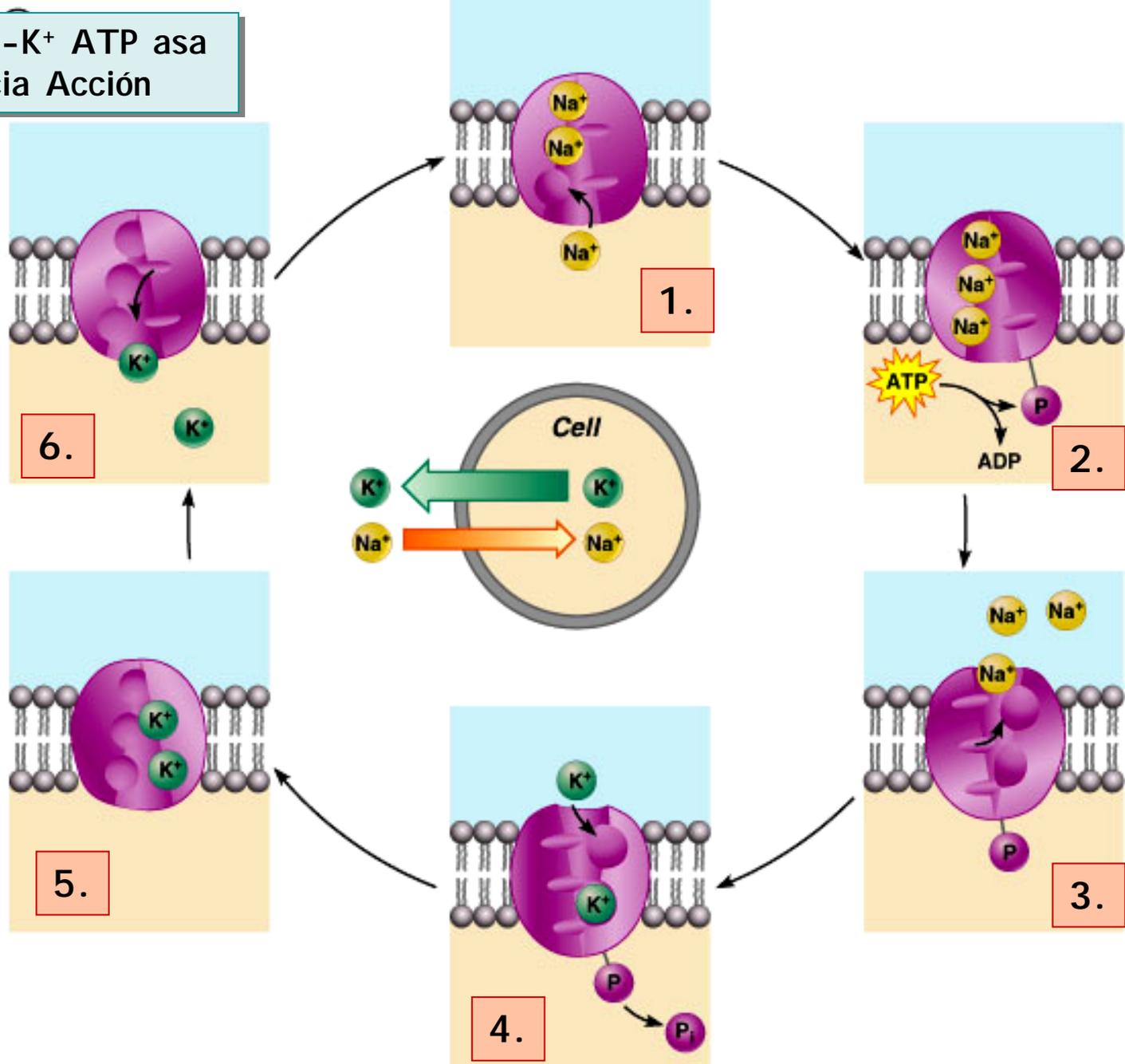
Subunidad β
Activa subunidad α

Subunidad α
Sitios para
ATP, Na^+ y K^+

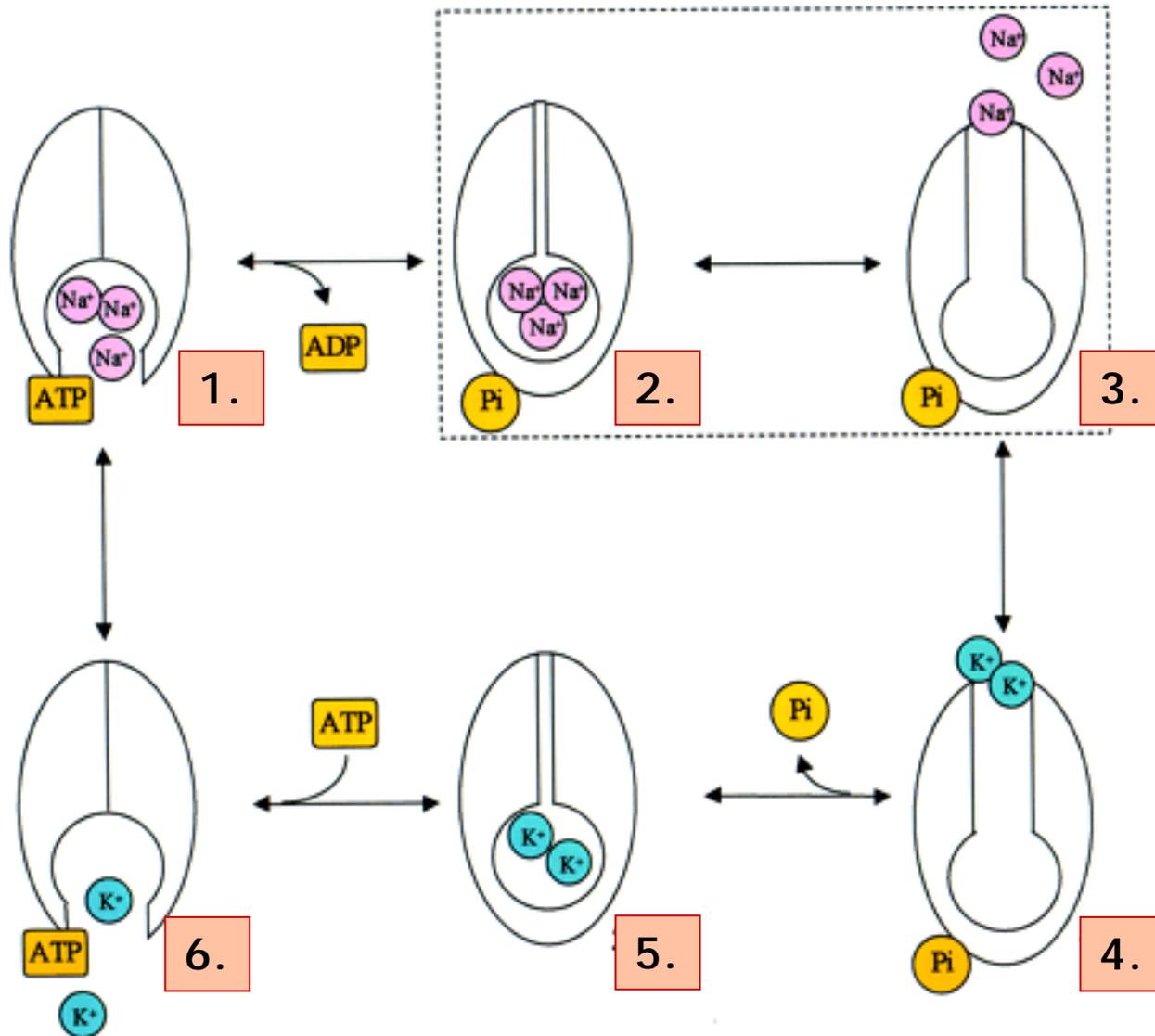
$[\text{Na}^+] 140 \text{ mM ext}$
 $[\text{Na}^+] 10 \text{ mM int}$

El interior celular tiene $[\text{Na}^+]$ baja gracias a la **bomba** en borde **basolateral** que crea gradiente EQ de Na^+ a entrar

BOMBA $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATP asa
Secuencia Acción



4. Bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPasa



II. MOVIMIENTO SUSTANCIAS



BOMBA $\text{Na}^+\text{-K}^+$
crea y mantiene
GRADIENTE DE SODIO
que permite
ABSORCIÓN

AGUA

Carbohidratos

Aminoácidos

Sales Biliares

Vitaminas hidrosolubles !!!

III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

1. GLUCOSA

Cotransporte Na^+ -Glu
Mov. por arrastre

2. OTROS

Galactosa
Fructosa
Pentosas

3. TRATAMIENTO ORAL DIARREA SECRETORA

III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

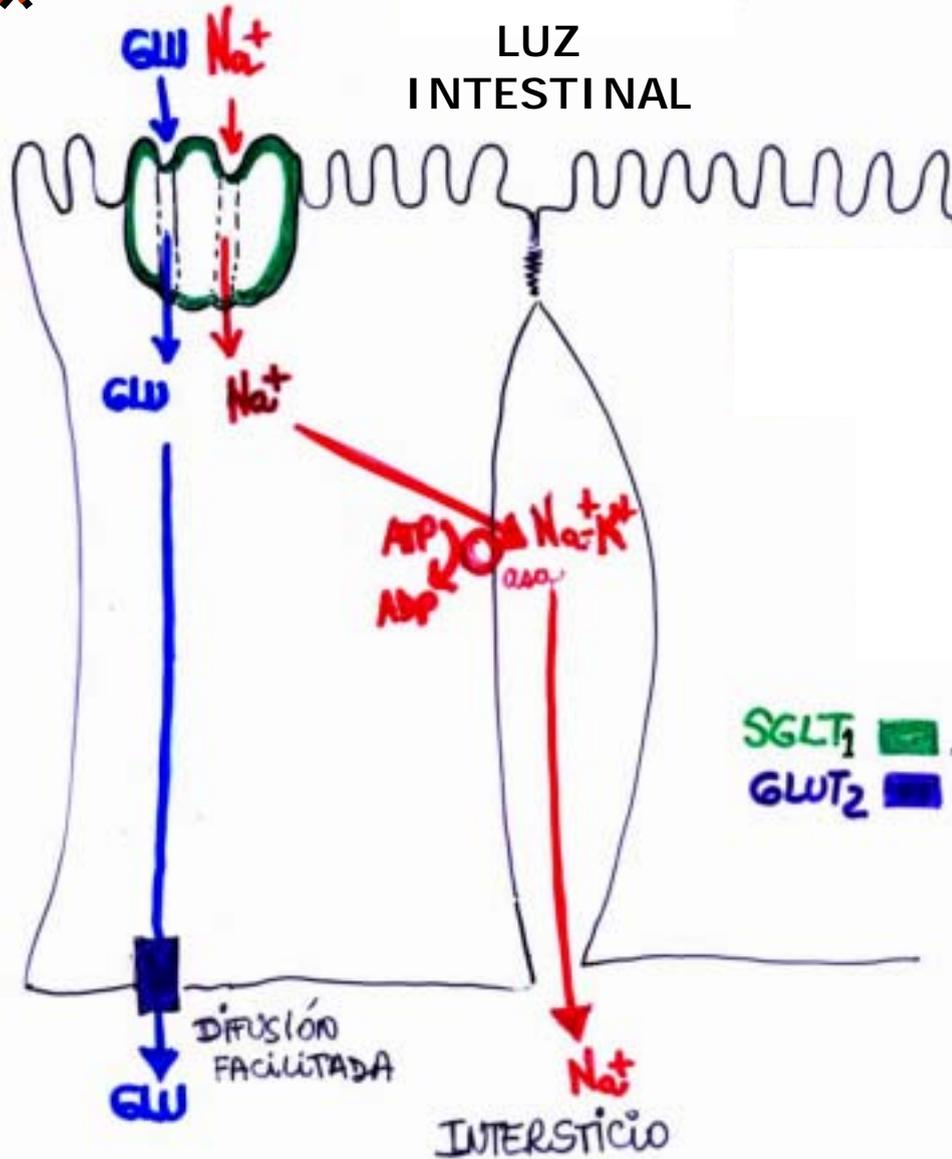
MONOSACÁRIDOS (carbohidratos digeridos)

Hexosas: glucosa, galactosa, fructosa

Pentosas: ribosa, d-xilosa, arabinosa

1. De la LUZ al enterocito
2. Del enterocito al intersticio
3. Del intersticio a la SANGRE

** *



1. GLUCOSA

Cotransporte SODIO-GLUCOSA

2 moléculas de sodio y 1 molécula de glucosa

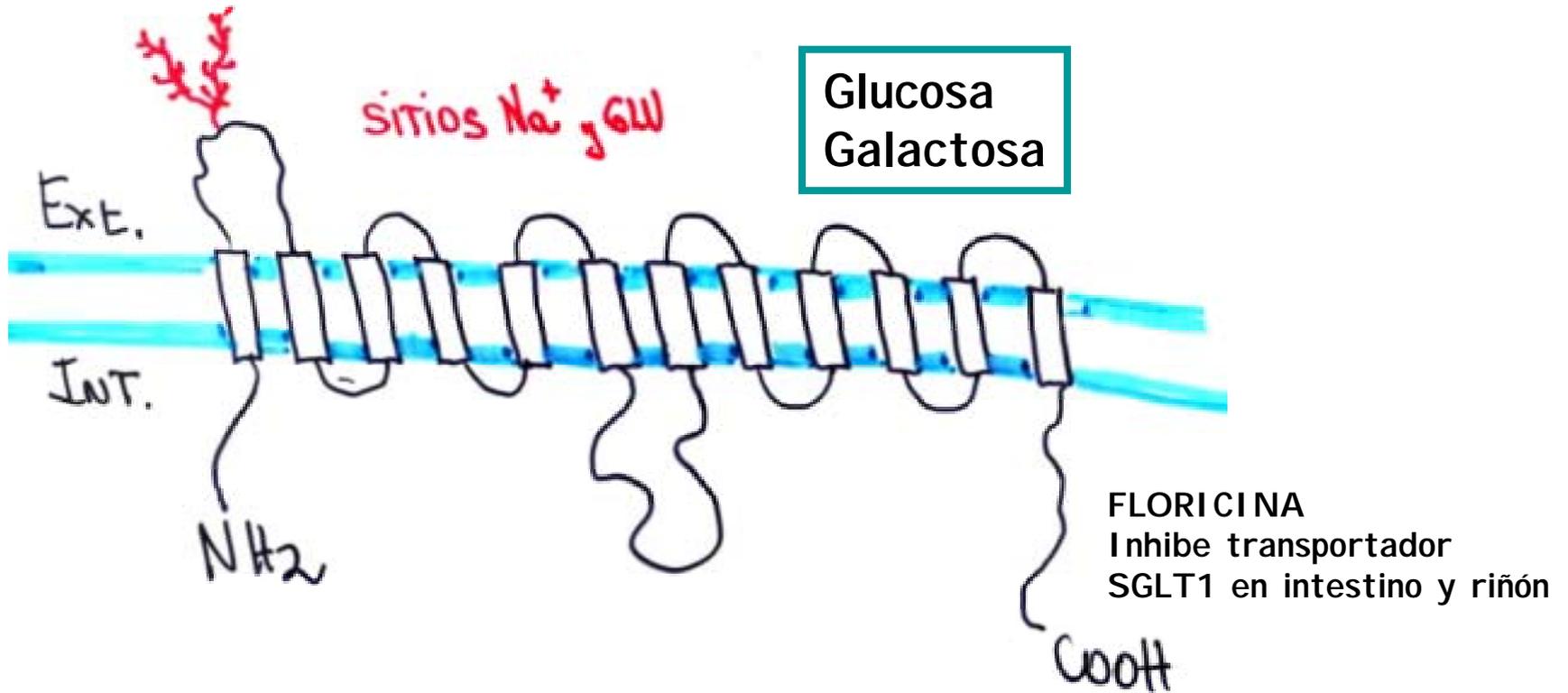
[Na⁺] 140 mM ext
[Na⁺] 10 mM int

[Glu] 0.005 mM ext
[Glu] 5 mM int

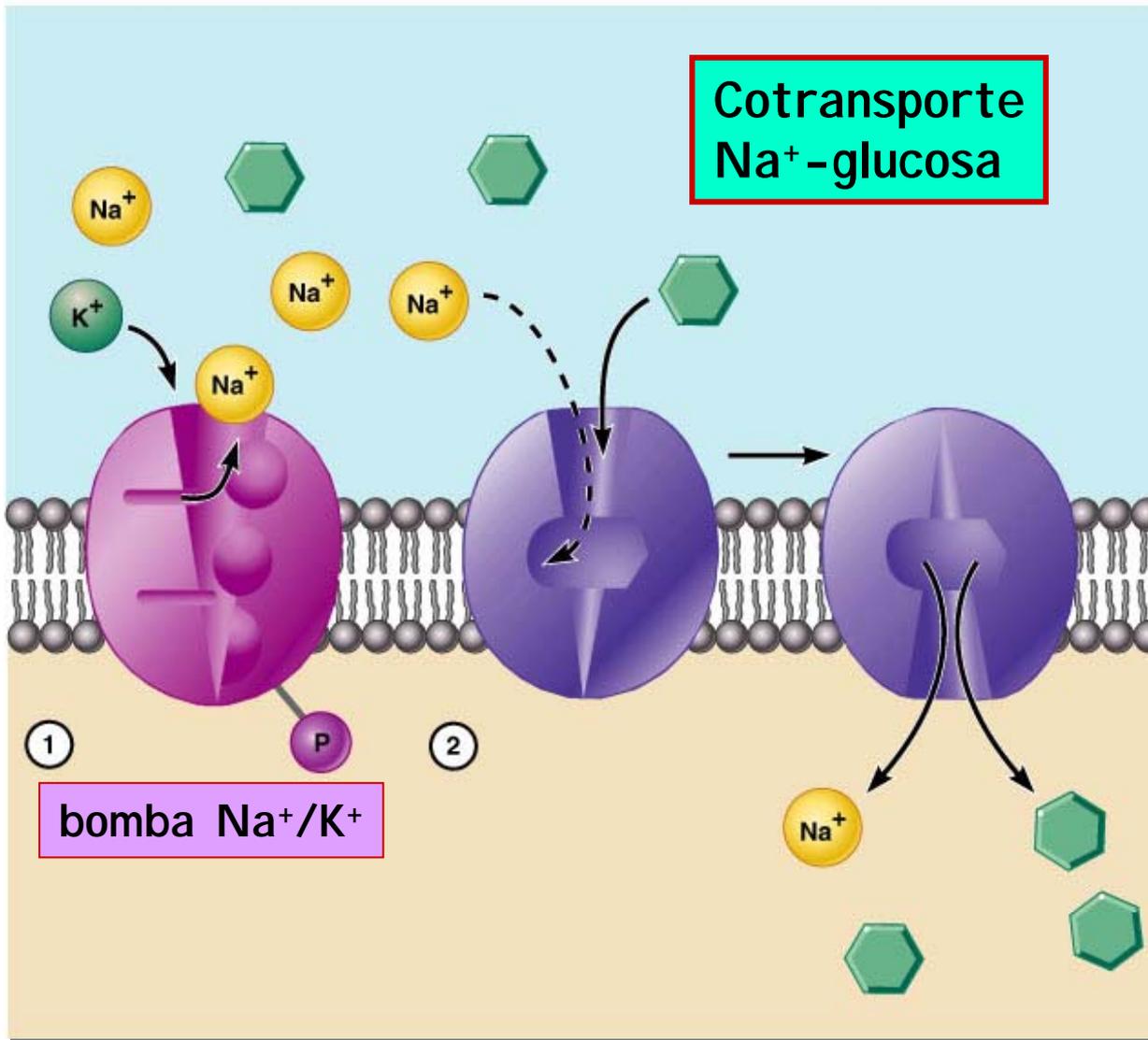
Transportador hexosas
SGLT1

1. GLUCOSA

Cotransporte
SODIO-GLUCOSA



III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS



LUZ

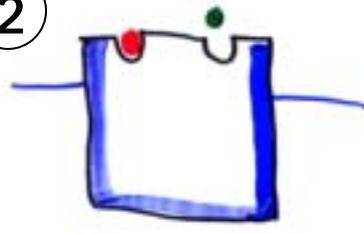
Na⁺

Glu

1



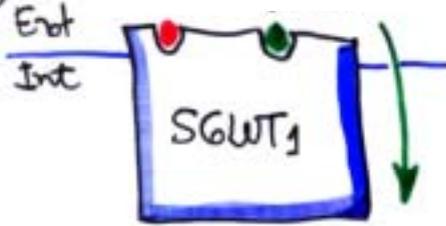
2



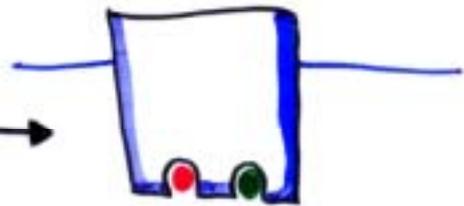
Cotransporte SODIO-GLUCOSA

TRANSPORTADOR SGLUT1
Secuencia eventos

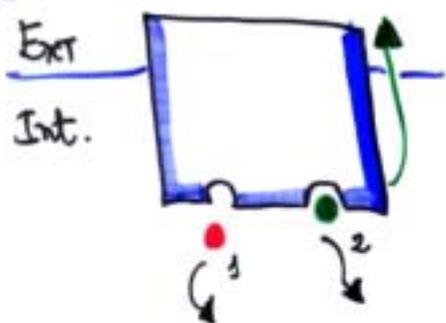
3



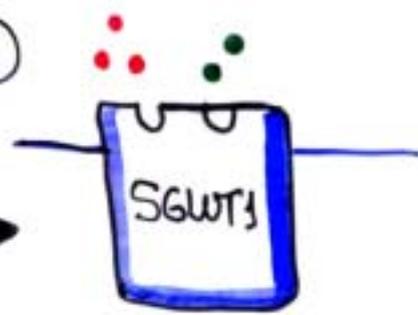
4



5



6

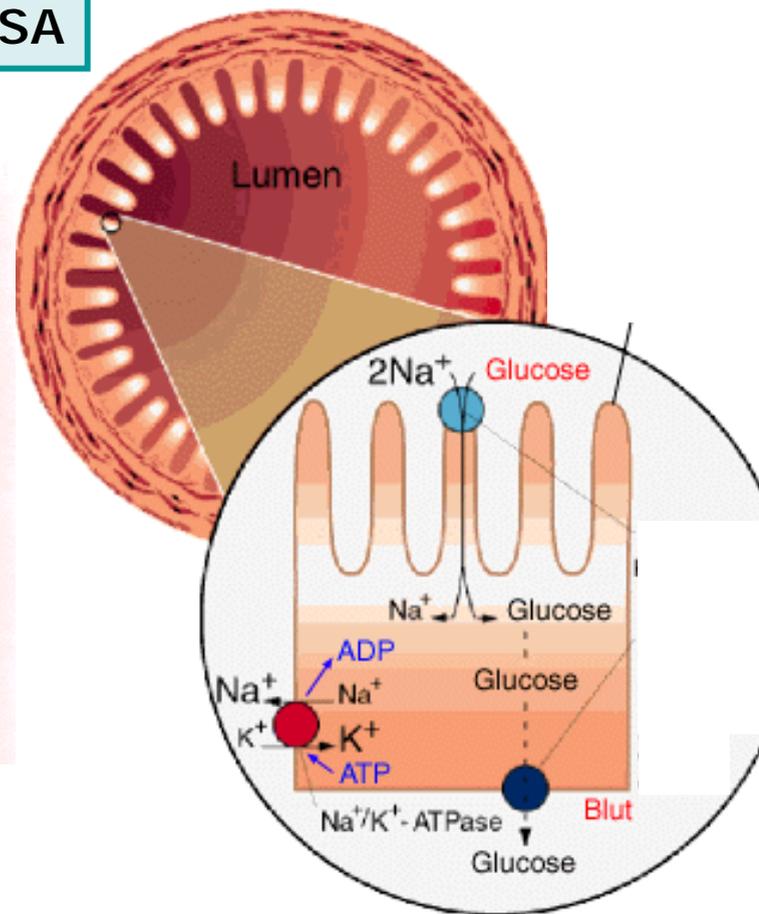
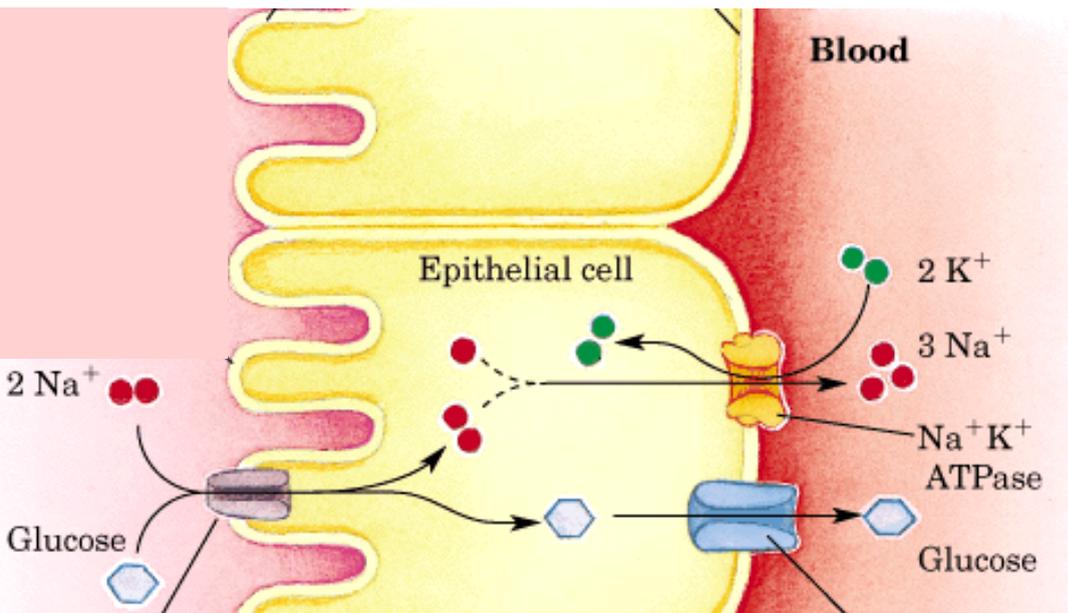


Para salir al intersticio

Bomba Na-K

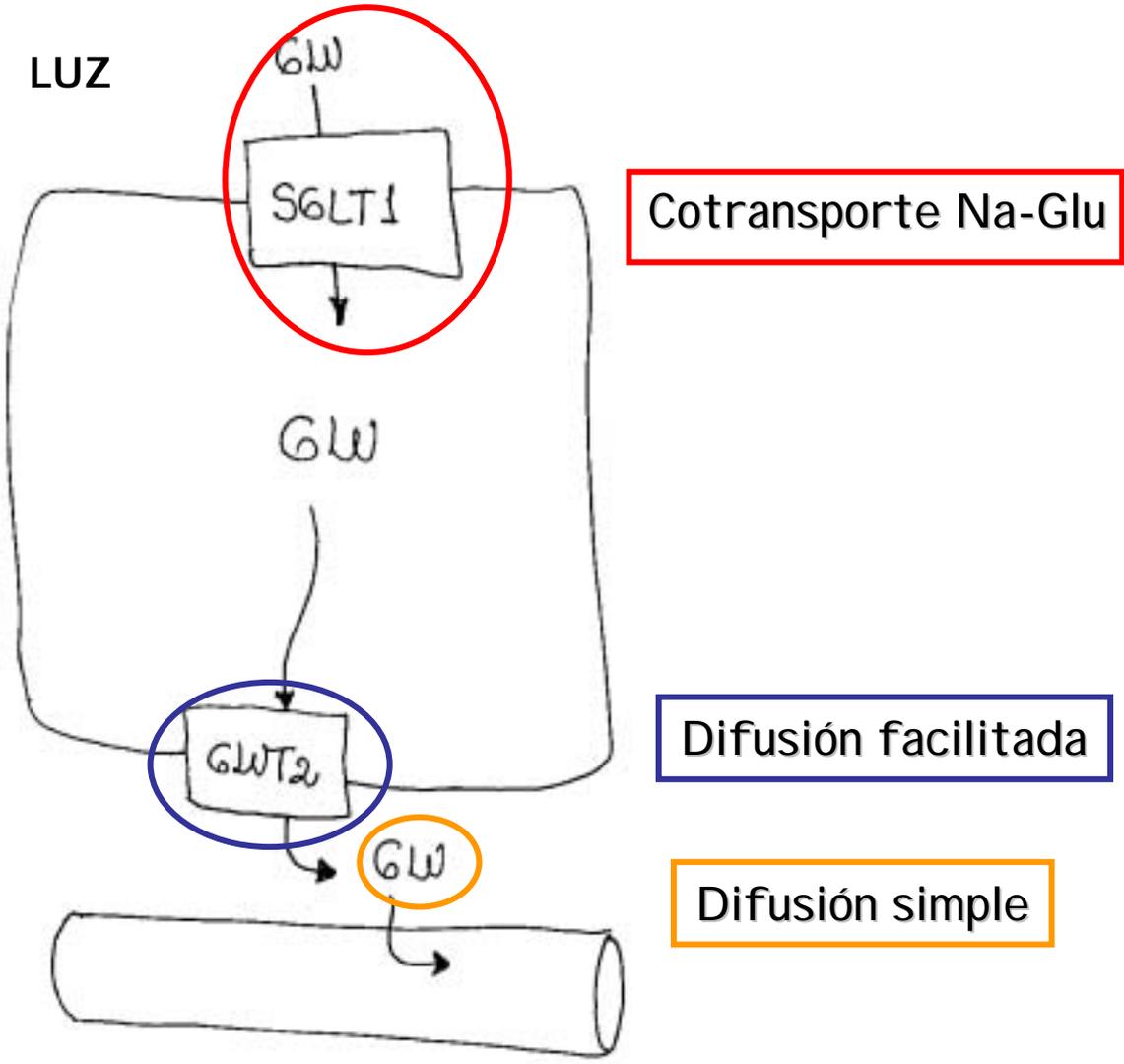
GLUT2

Cotransporte SODIO-GLUCOSA





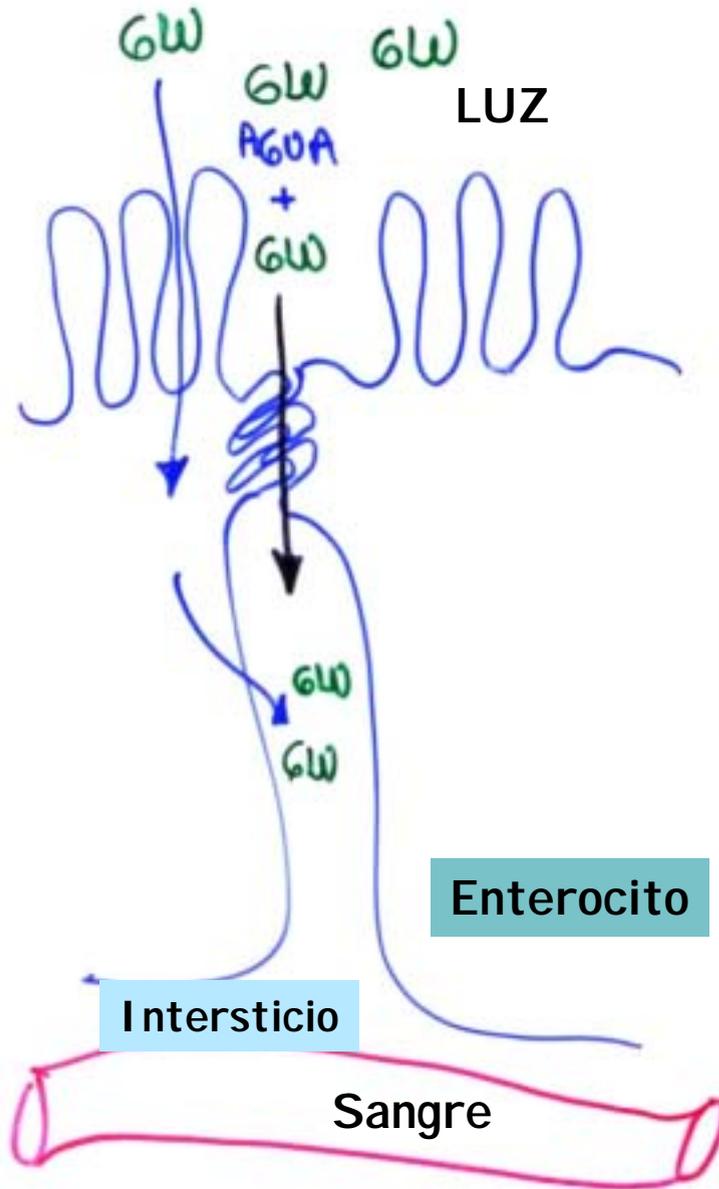
1. GLUCOSA



III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

1. GLUCOSA

Por arrastre



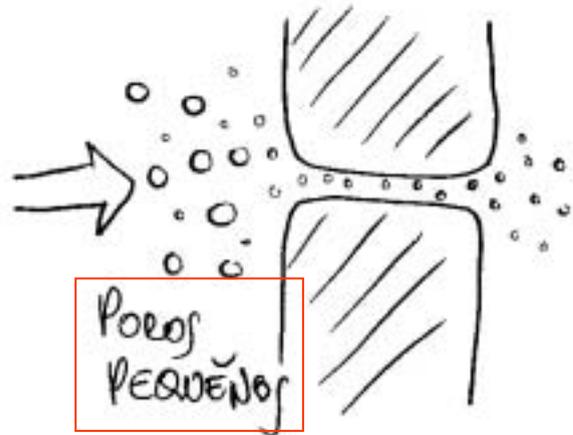
Puede duplicar o triplicar la absorción transcelular

eps



POROS GRANDES

Flujo por
ARRASTRE
AGUA + OTROS MOLECULAS
DE SOLUTO



POROS PEQUEÑOS

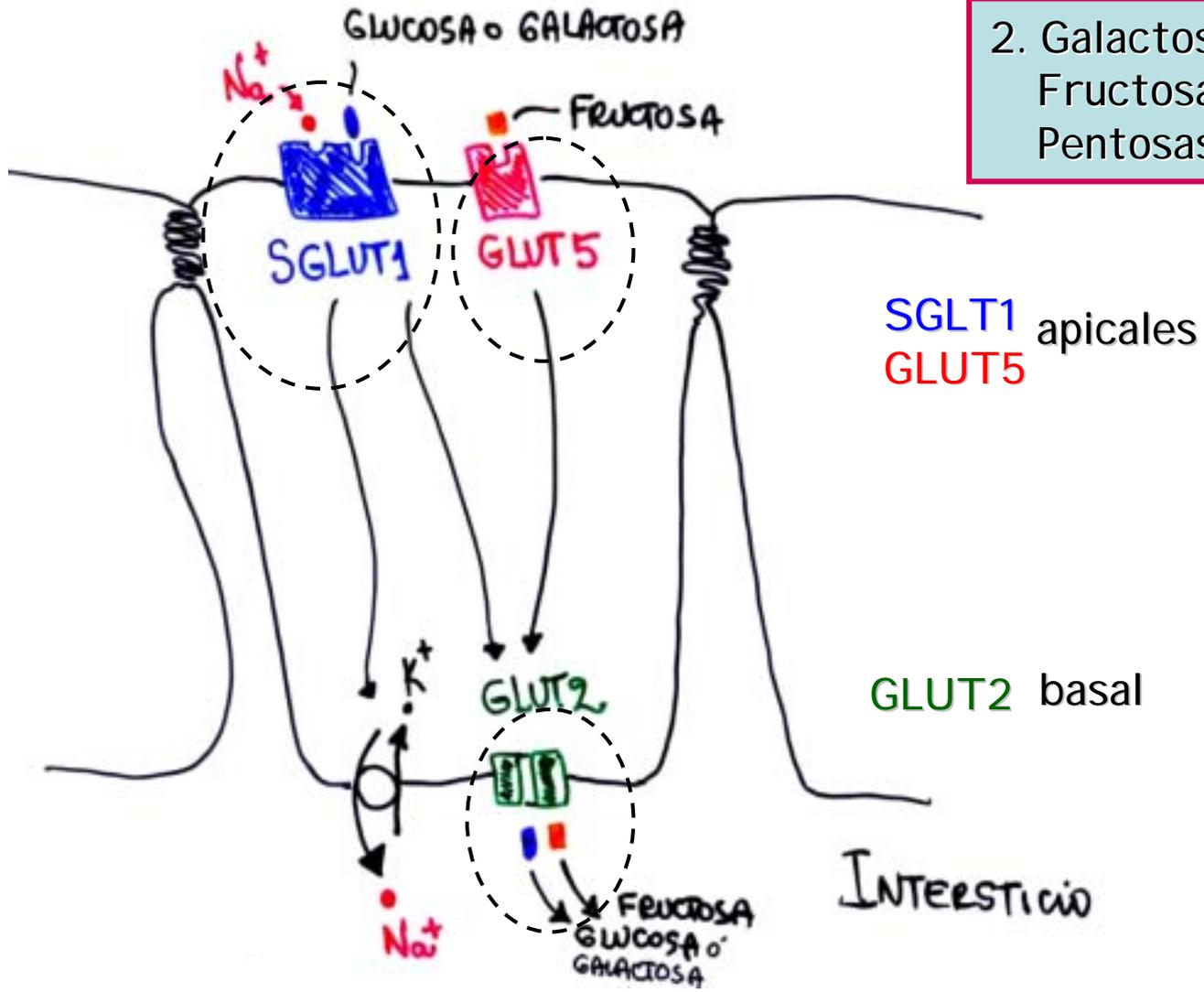
Flujo de
AGUA.



Luz

III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

- 2. Galactosa
- Fructosa
- Pentosas



SGLT1 apicales
GLUT5

GLUT2 basal

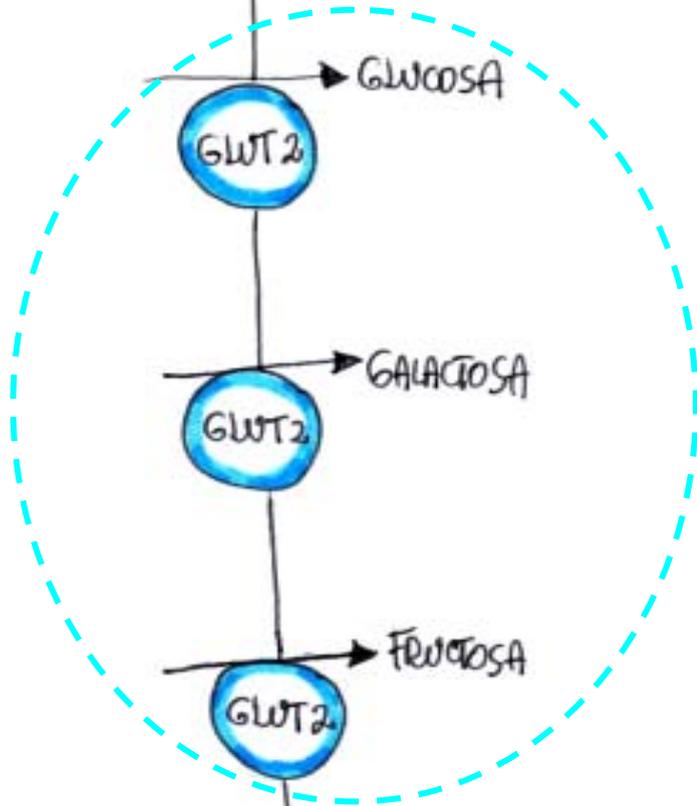
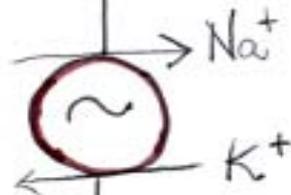
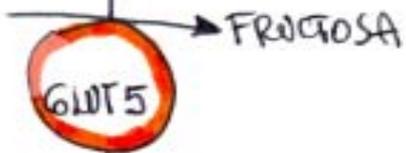
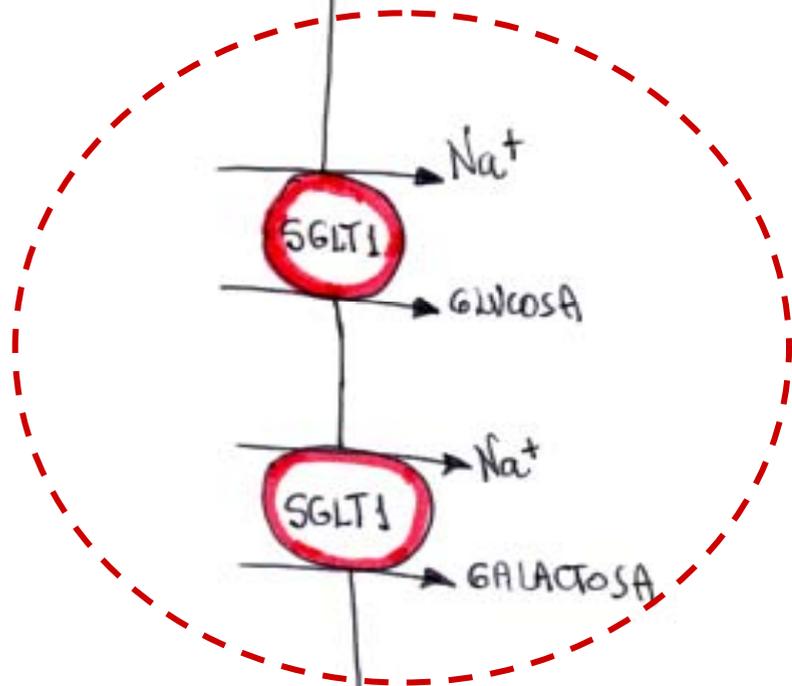
INTERSTICIO



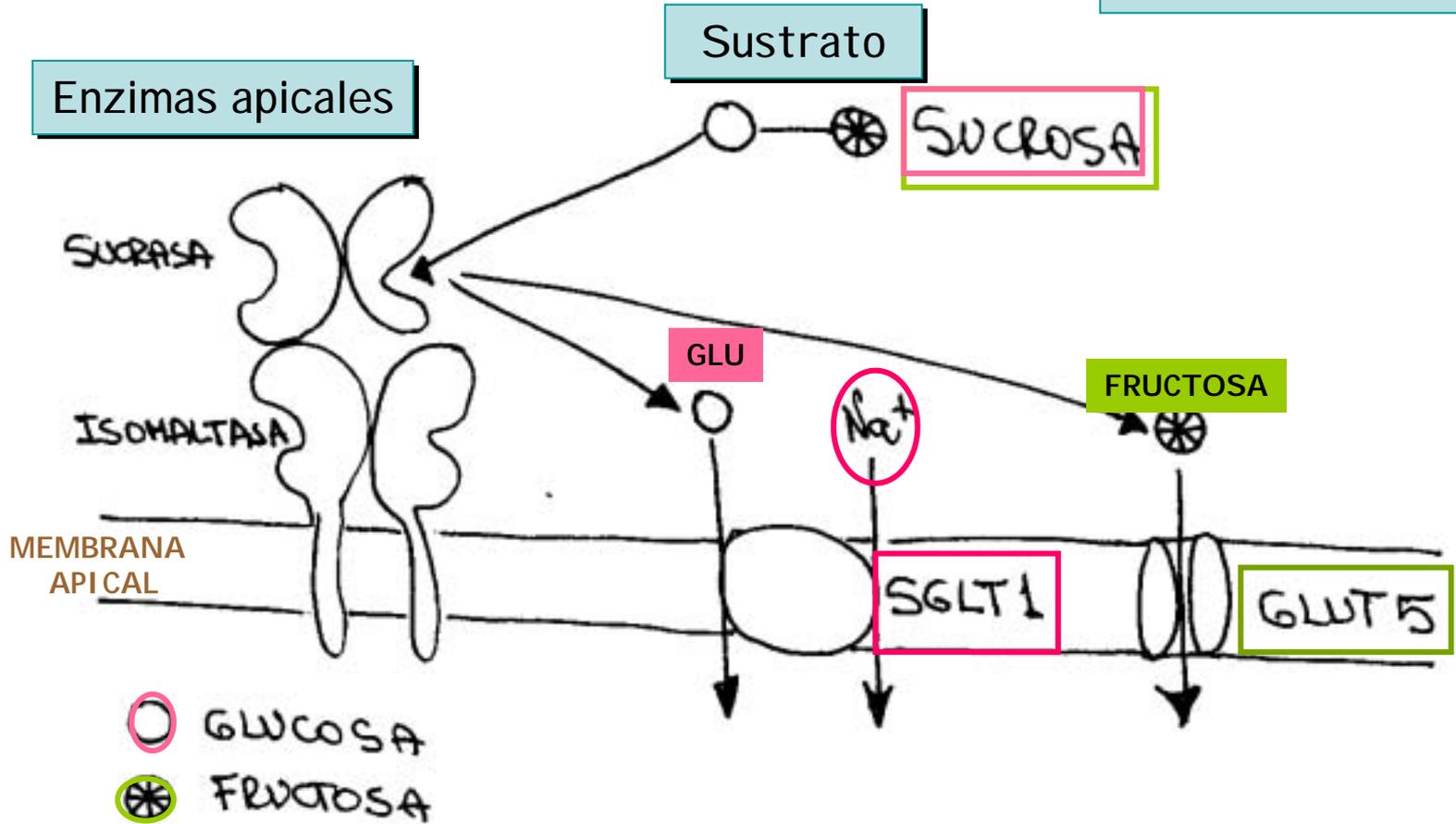
LUZ

ENTEROCITO

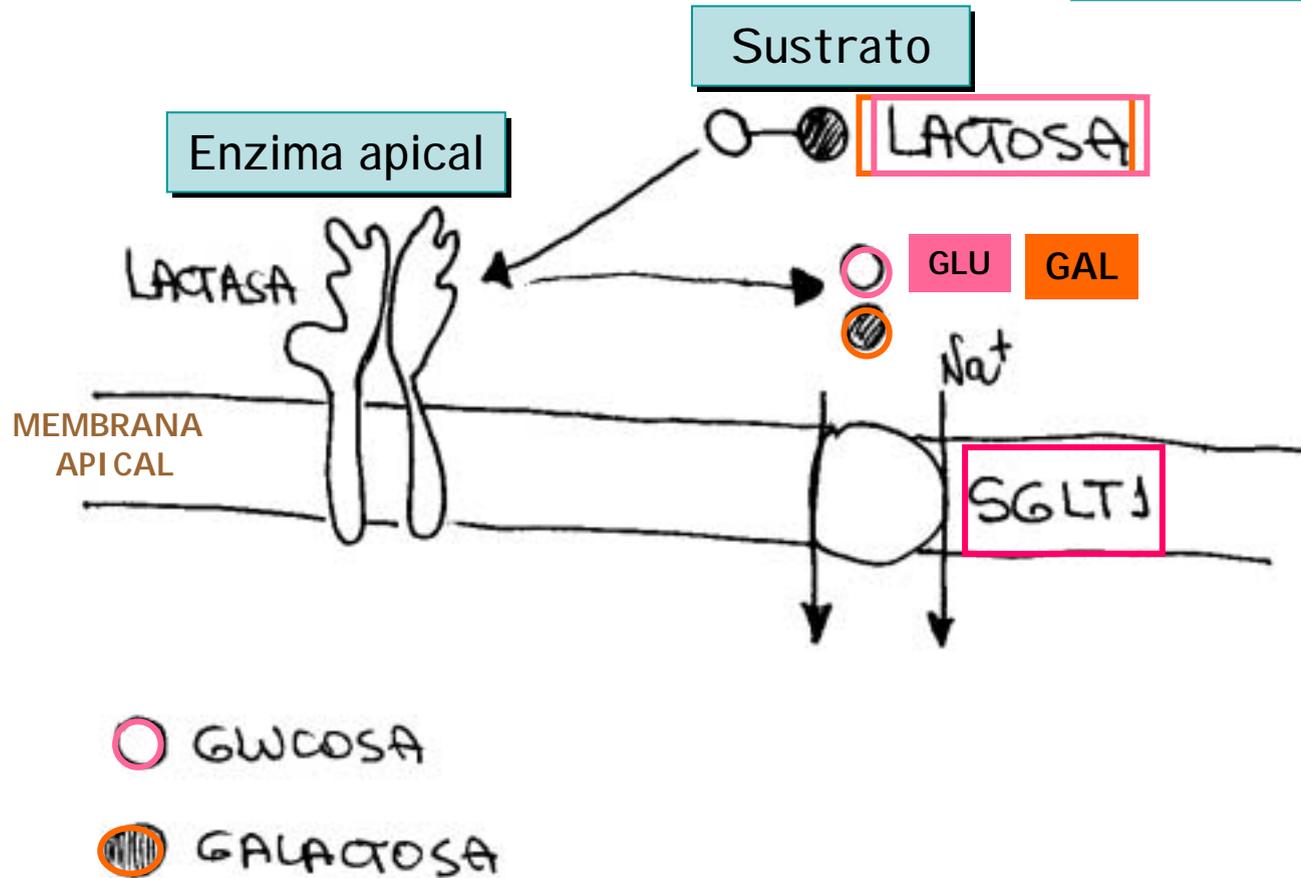
SANGRE



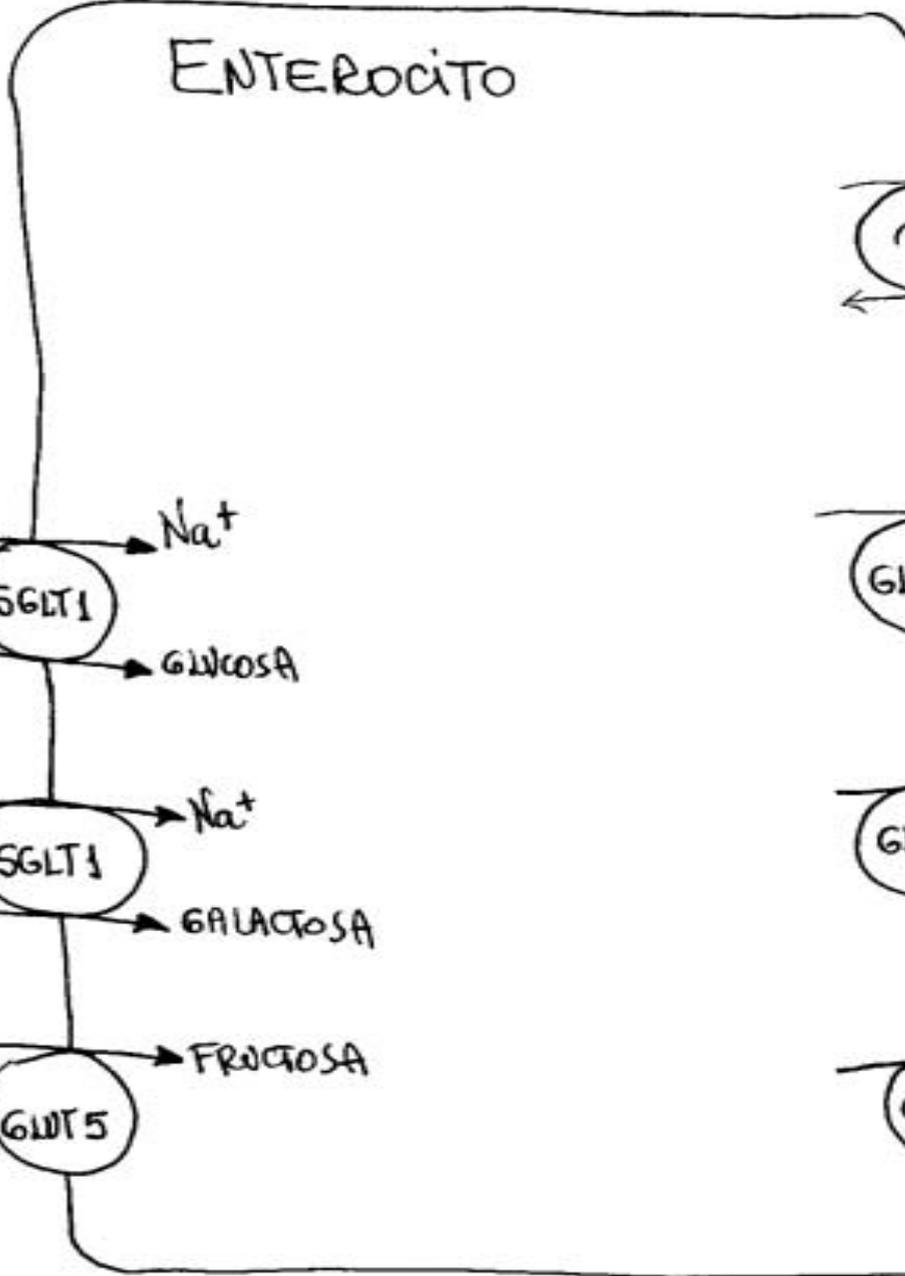
DIGESTIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS MEMB. APICAL



DIGESTIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS MEMB. APICAL



LUZ



SANGRE

Paso al intersticio

GLUCOSA

GALACTOSA

FRUCTOSA



III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

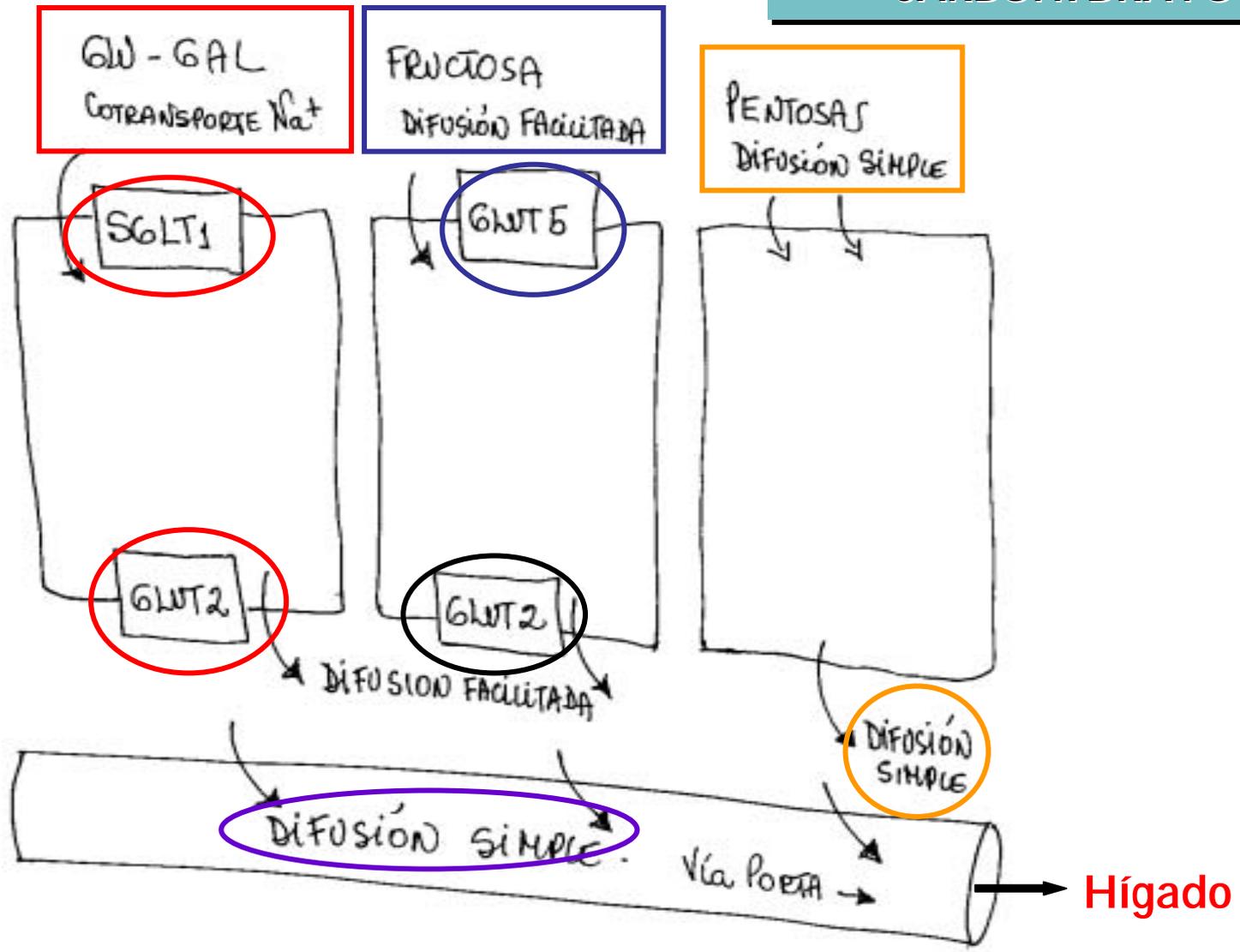
2. Galactosa, Fructosa Pentosas

HEXOSAS	}	GLU	[SGLT ₁ GLT ₂	Cotransporte Na ⁺ -GLU DIFUSIÓN FACILITADA	M. apical M. basal
		GAL	[SGLT ₁ GLT ₂	Igual que glucosa	M. apical M. basal
		FRUCTOSA	[GLUT ₅ GLT ₂	DIFUSIÓN FACILITADA DIFUSIÓN FACILITADA	M. apical M. basal

PENTOSAS — DIFUSIÓN SIMPLE

eps

III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS



III. ABSORCIÓN CARBOHIDRATOS

Cotransporte
SODIO-GLUCOSA

Defecto del transportador SGLUT1

Malabsorción de Glucosa y Galactosa

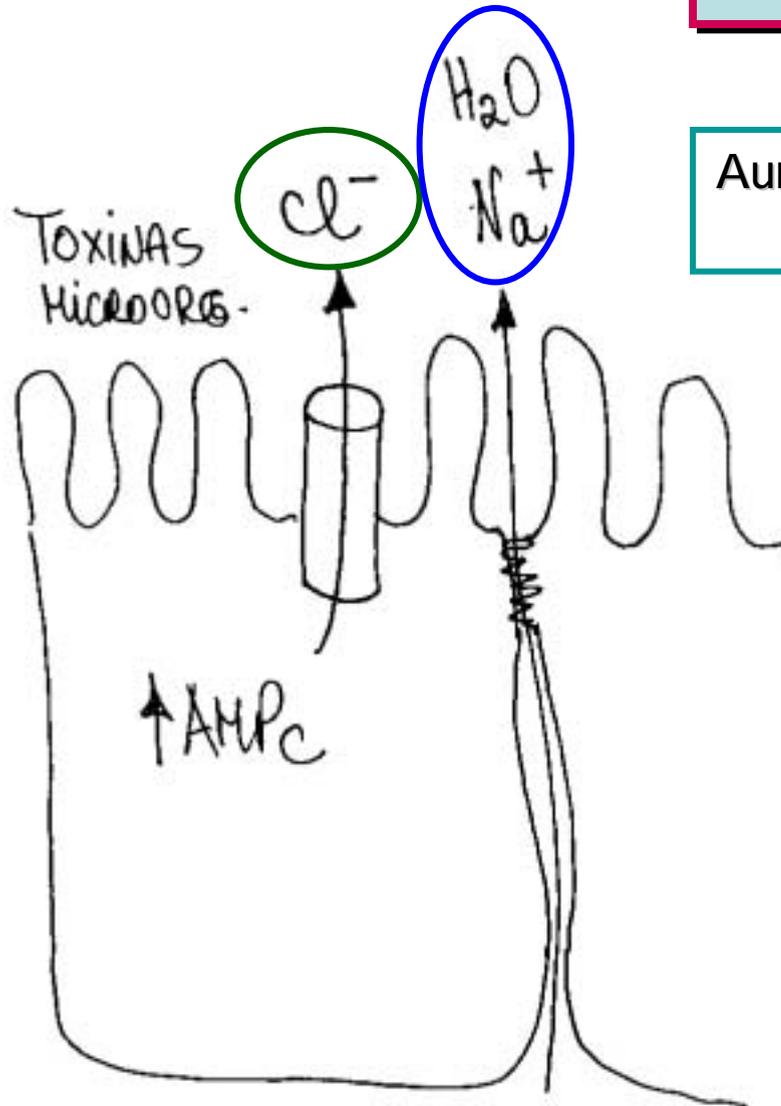
Diarrea fatal

Tratamiento: Retirar Glu y Gal de la dieta



3. Diarrea secretora

1.

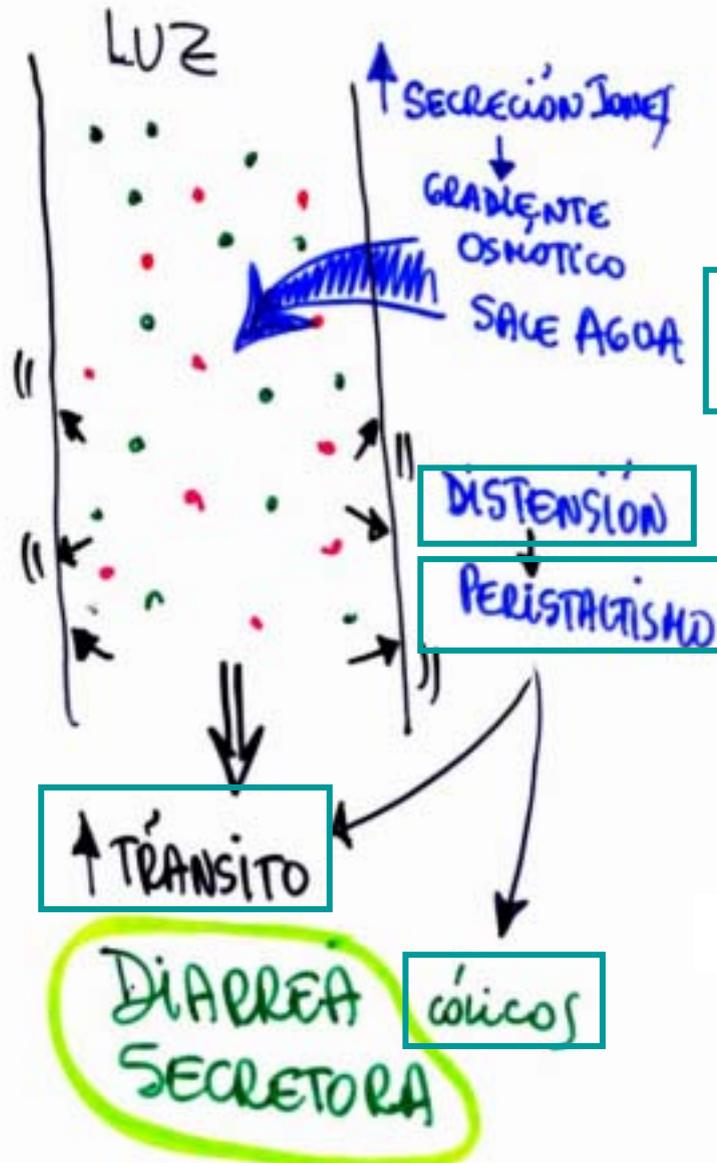


Aumento de electrolitos
en la luz



3. Diarrea secretora

2.



Salida de agua por ósmosis a la luz

Aumento de volumen en la luz

DISTENSIÓN

PERISTALTISMO

↑ TRÁNSITO

cólicos

DIARREA SECRETORA

3. Diarrea secretora

Osmolaridad heces = plasma

GAP osmolar fecal

$$290 - [2 \times (\text{Na}^+ \text{ fecal} + \text{K}^+ \text{ fecal})] = 50 - 100 \text{ mEq/L}$$

CN:

Na⁺ fecal = 30 mEq/L

K⁺ fecal = 70 mEq/L

Diarrea Secretora: < 50mEq/L

Se pierde Na⁺ y K⁺ en heces

Ej. Na⁺ = 45 mEq/L

K⁺ = 80 mEq/L

GAP osmolar fecal

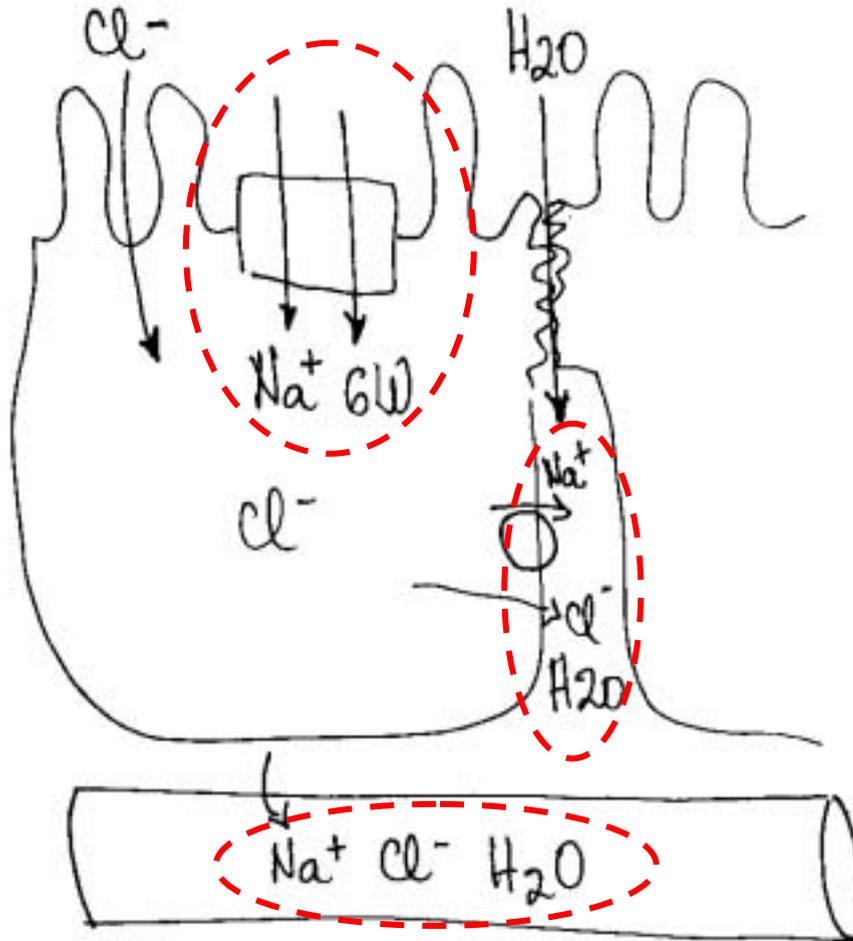
$$= 290 - [2 \times (45 + 80)] = 40 \text{ mEq/L}$$

Diarrea Secretora



3. Tratamiento ORAL Diarrea secretora

Utilización del
Cotransporte
 Na^+ - Glucosa!!



**Sodio y glucosa
en la luz
favorecen absorción**

**APORTE ORAL
 Na^+ + Glucosa + Agua**

Reactiva rescate:

Na^+
 Cl^-
Agua

IV. ABS. PROTEÍNAS

1. Abs. aminoácidos
2. Abs. di y tripéptidos
3. Abs. proteínas enteras
4. Defectos de absorción de proteínas



IV. ABS. PROTEÍNAS

1. Abs. aminoácidos

SIMILITUDES CON CARBOHIDRATOS

- Son hidrosolubles
- Son digeridas en la luz y sobre la membrana apical

DIFERENCIAS CON CARBOHIDRATOS

- La fase final de digestión es en el citoplasma
- Hay más sustratos para enzimas y transportadores
- Se transporta AA individuales y oligómeros pequeños



IV. ABS. PROTEÍNAS

1. Abs. aminoácidos

- Absorción de AA al ENTEROCITO
 - Cotransporte Na^+ - AA
 - Transportes independientes de Na^+
- Absorción de pequeños péptidos
- Absorción proteínas enteras

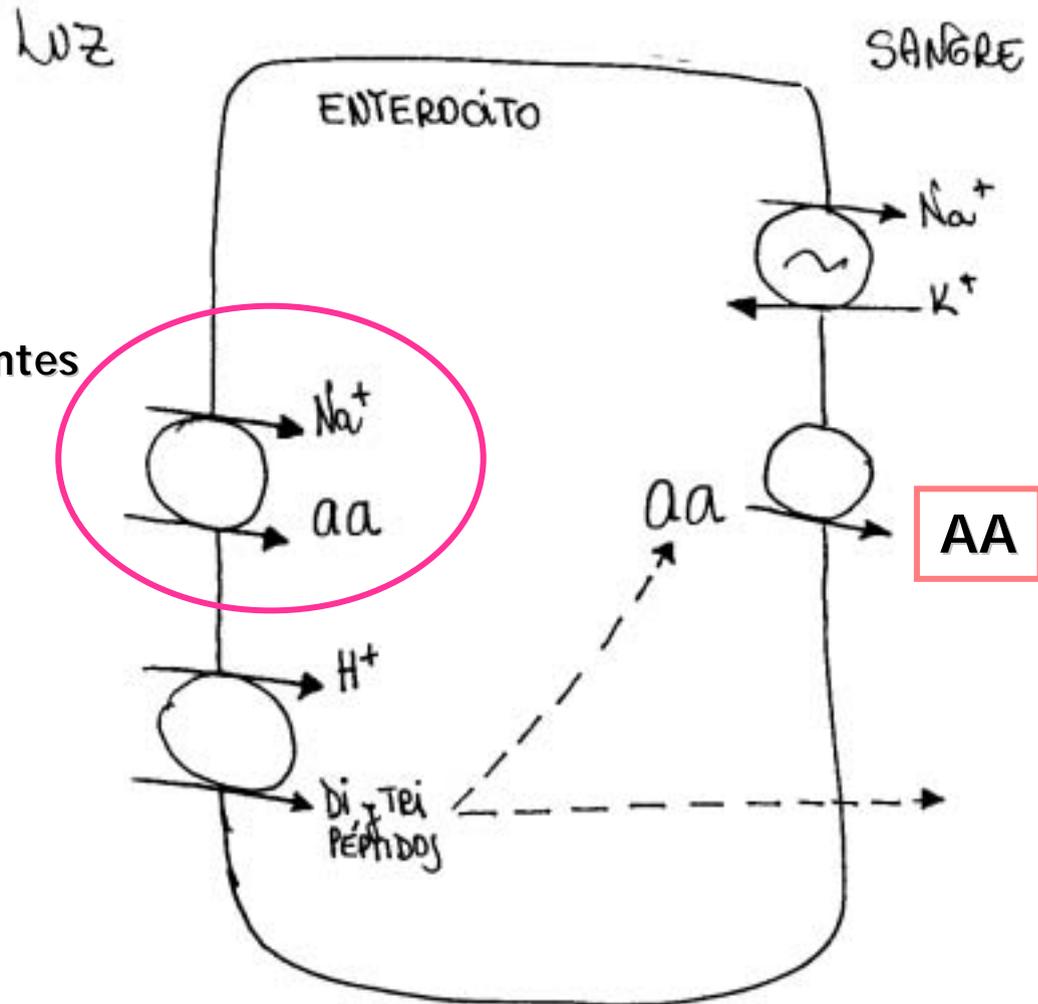
IV. ABS. PROTEÍNAS



Cotransporte Na^+ -AA

Varios Transportadores dependientes e independientes de Na^+ para AA neutros, ácidos y básicos

Paso a la sangre por Difusión Pasiva



IV. ABSORCIÓN PROTEÍNAS

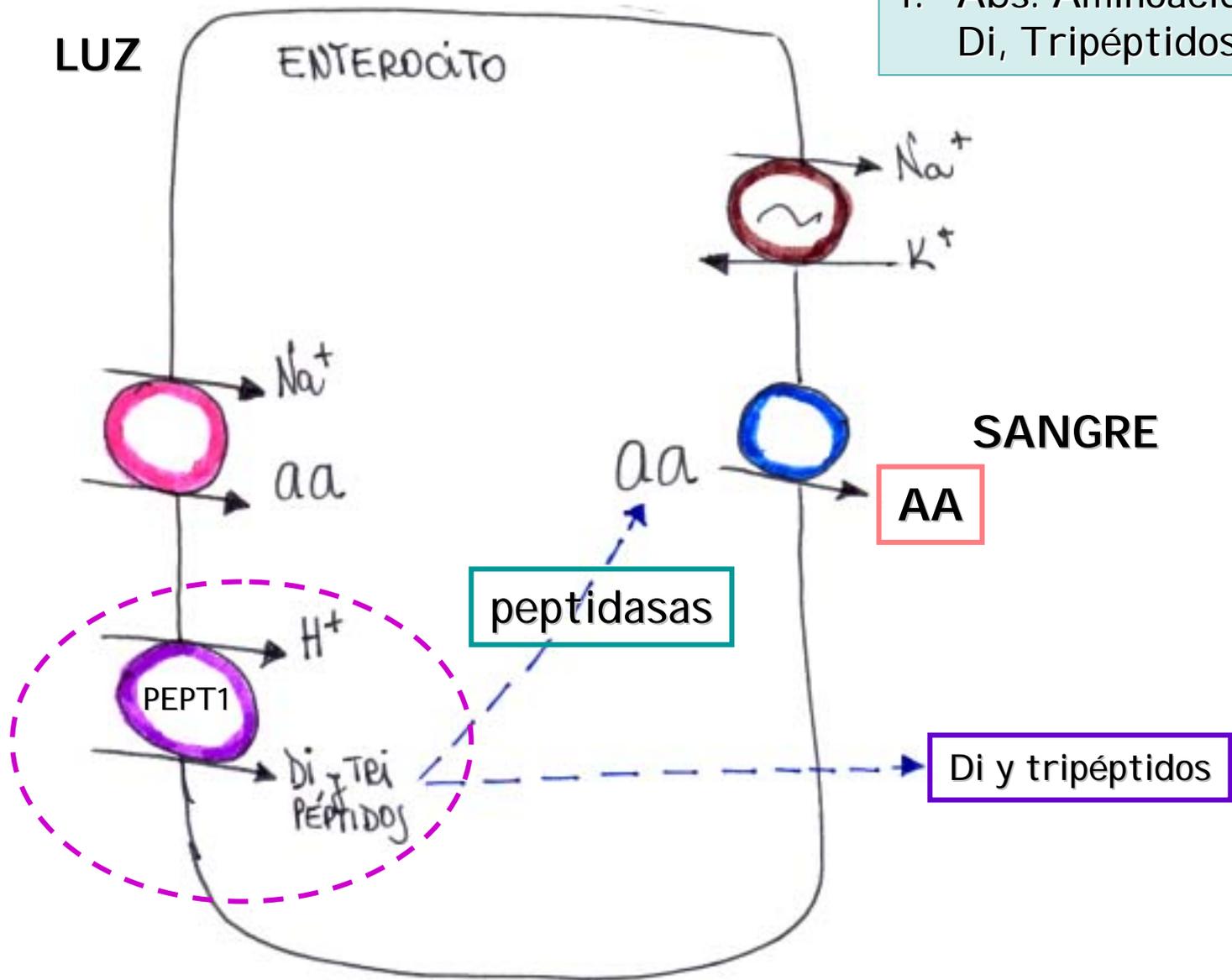
Abs. Di y Tripéptidos

- Cotransporte con H^+

Paso a aminoácidos por
peptidasas intracelulares

Unos pocos pequeños péptidos
pasan intactos a la sangre

1. Abs. Aminoácidos
Di, Tripéptidos



LUZ

ENTEROCITO

SANGRE

AA

peptidasas

Di y tripéptidos

PEPT1

Di y Tri
PEPTIDOS

Na^+

aa

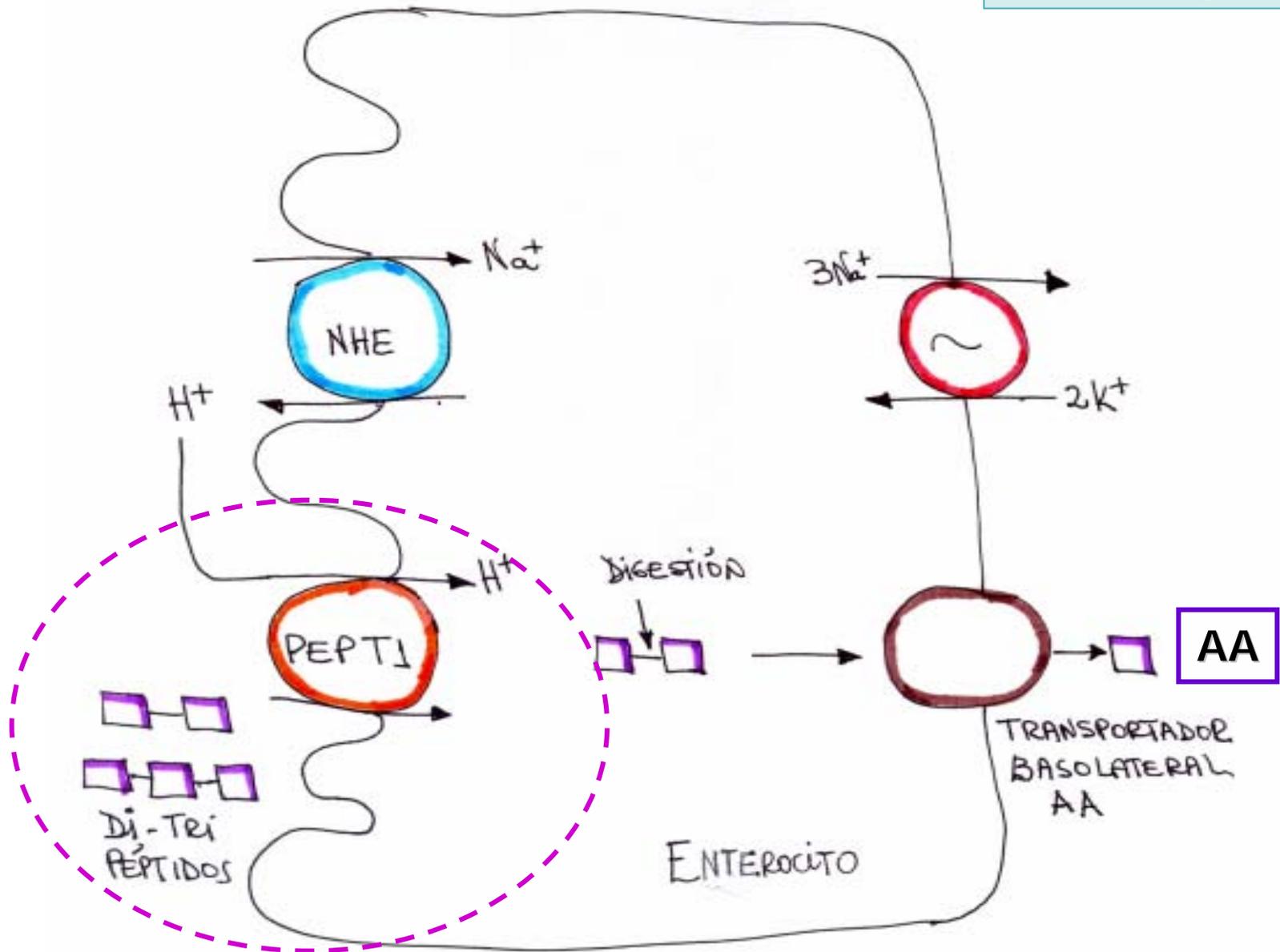
H^+

Na^+

K^+

aa

1. Abs. Péptidos



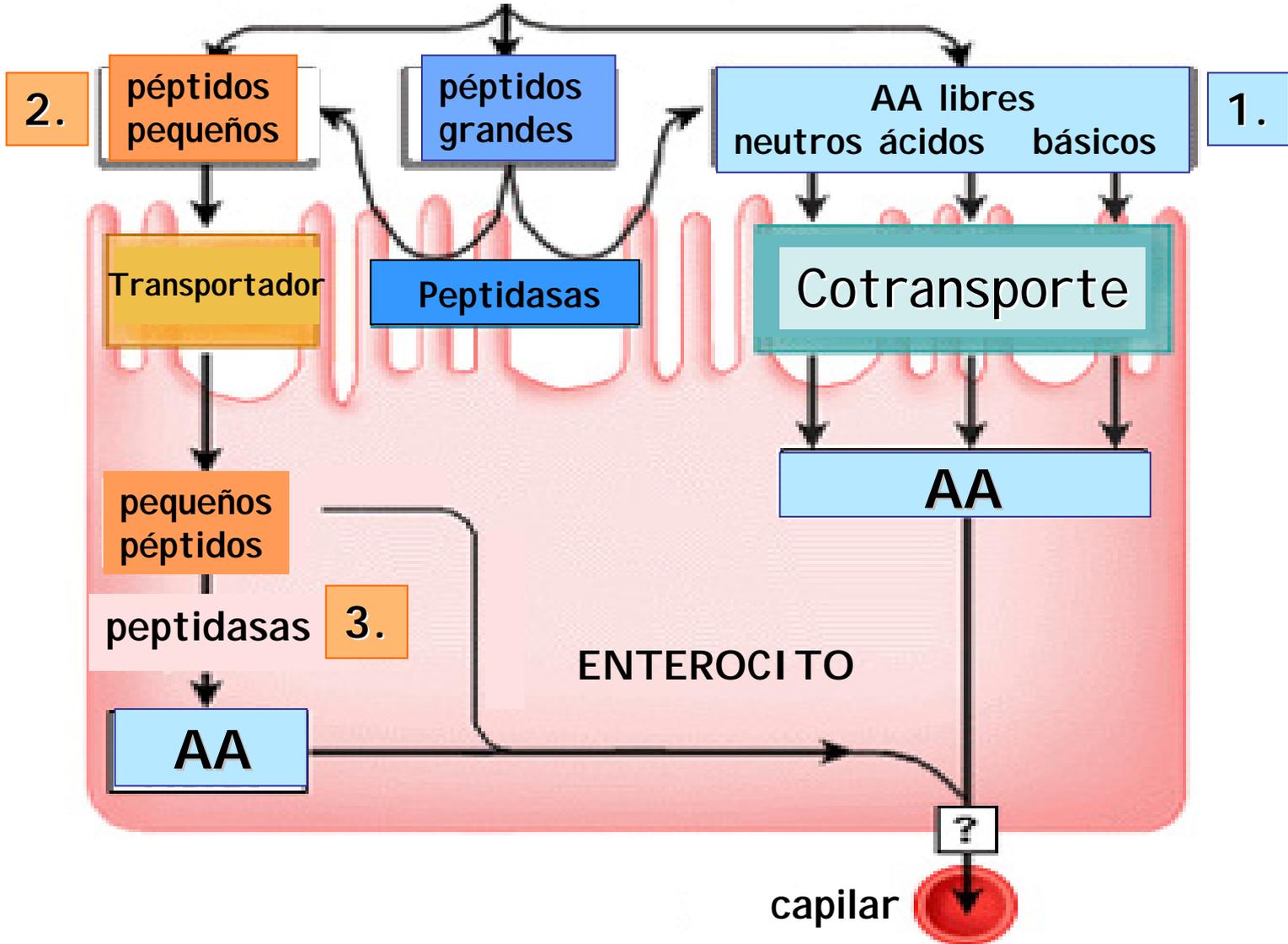
IV. ABSORCIÓN PROTEÍNAS

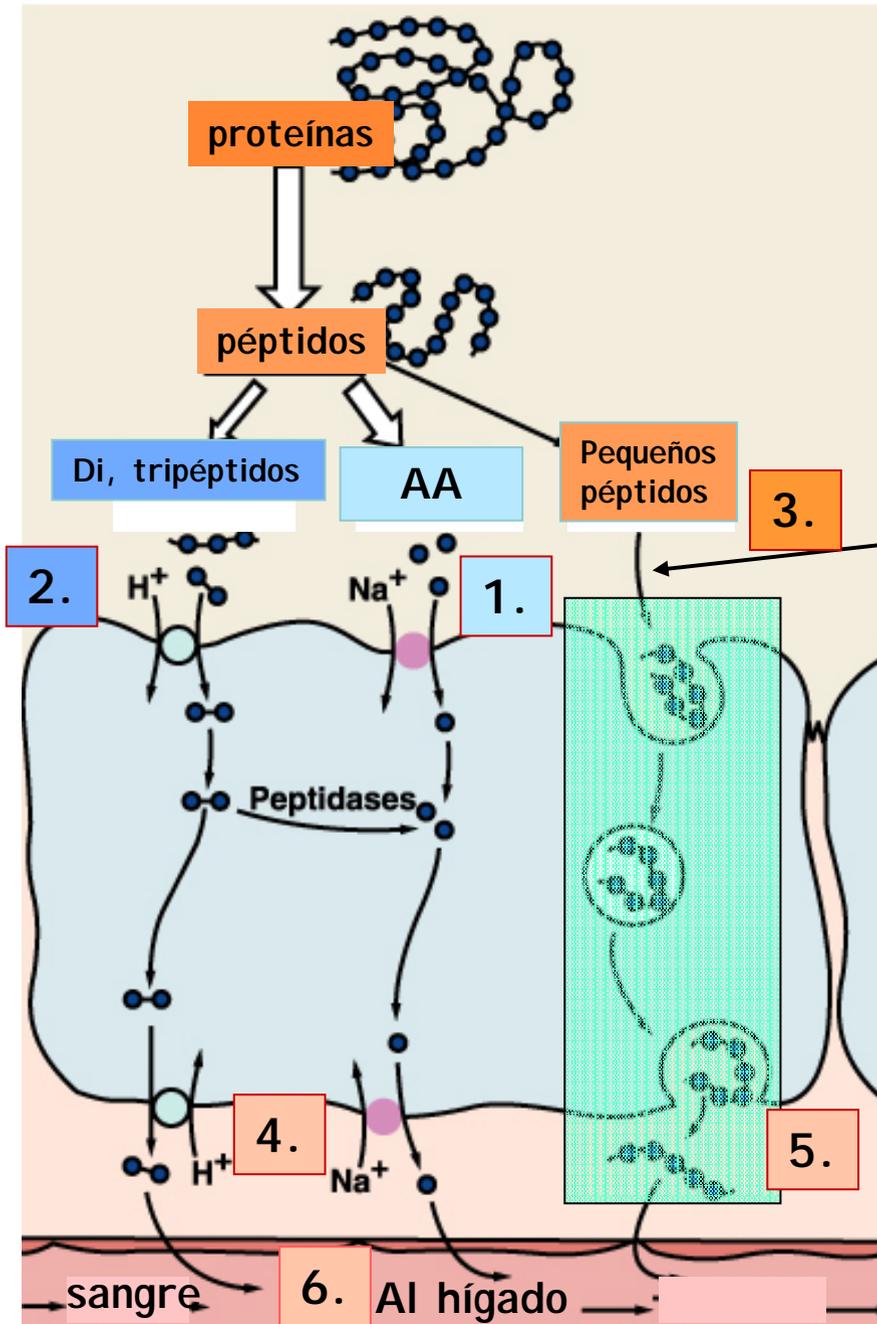


PROTEÍNA

pepsina

proteasa pancreática:





IV. ABSORCIÓN PROTEÍNAS

LUZ

1. Cotransporte con Na^+
2. Cotransporte con H^+
3. Pinocitosis?

Generalmente no una vía muy larga

INTERSTICIO - SANGRE

4. Sistemas transportadores con y sin Na^+
5. Exocitosis
6. Difusión simple

3. Absorción proteínas ENTERAS

¿ Por qué generalmente NO se absorben las proteínas enteras?

1. ENZIMAS los digieren
2. NO HAY TRANSPORTADORES para proteínas
3. No atraviesan las UNIONES ESTRECHAS.

Sin embargo...

3. Absorción proteínas ENTERAS

- Abs. Proteínas en RN
"Inmunidad pasiva"
- Abs. Proteínas en Adulto
"Alergia Alimentaria"

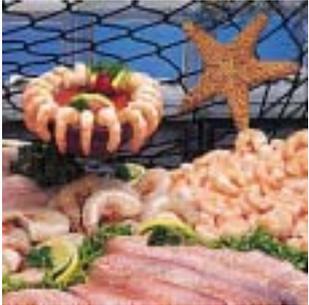
3. Absorción proteínas ENTERAS

Abs. Proteínas en RN "Inmunidad pasiva"

Los anticuerpos IgA de la madre (leche), son absorbidos por endocitosis en el ileon terminal del recién nacido.

Son parte del Sistema Inmune de Mucosas





Abs. Proteínas en Adulto "Alergia Alimentaria"

Mariscos, leche de vaca, albúmina de huevo etc.



En individuos con predisposición genética el Sistema Inmune Entérico genera IgE a proteínas absorbidas sin digerir



IgE se une a mastocitos de la lámina propia que están sensibilizados



Se liberan potentes mediadores que aumentan secreción y motilidad intestinal

Síntomas de alergia extraintestinal

DEFECTOS EN TRANSPORTE DE AA ALTERACIONES CONGÉNITAS (intestino, riñón)

Cistinuria

Alteración de absorción AA básicos Cys
Pérdida excesiva de Cys por orina
Cálculos renales

Enf. Hartnup

Alteración de absorción de AA neutros Trp

No son problema de absorción
intestinal sino por pérdida renal

V. ABSORCIÓN GRASAS

1. Abs. Grasas: TG, fosfolípidos, ésteres
2. Abs. Colesterol
3. Abs. Vit. liposolubles
4. Abs. Ac. grasos cad. larga vs. corta
5. Esteatorrea

V. ABSORCIÓN GRASAS



1. No se absorben activamente sino por DIFUSIÓN SIMPLE
2. Van a la LINFÁ y no a la sangre excepto Ac. GRASOS cadenas cortas

GRASAS

Vs.

φβ

1. Se ABSORBEN por T.A. SECUNDARIO
2. Van a la SANGRE PORTA → HÍGADO

CH
PROTEÍNAS

V. ABSORCIÓN GRASAS

1. TG, FOSFOLÍPIDOS, ÉSTERES COLESTEROL

- **ANTES de ABSORCIÓN**
- **ABS. DIFUSIÓN SIMPLE**
- **PROCESO DENTRO ENTEROCITO**



V. ABSORCIÓN GRASAS

1. TG, FOSFOLIP.
ÉSTERES COLESTEROL

ANTES ABSORCIÓN

EMULSIFICACIÓN

Todas las grasas

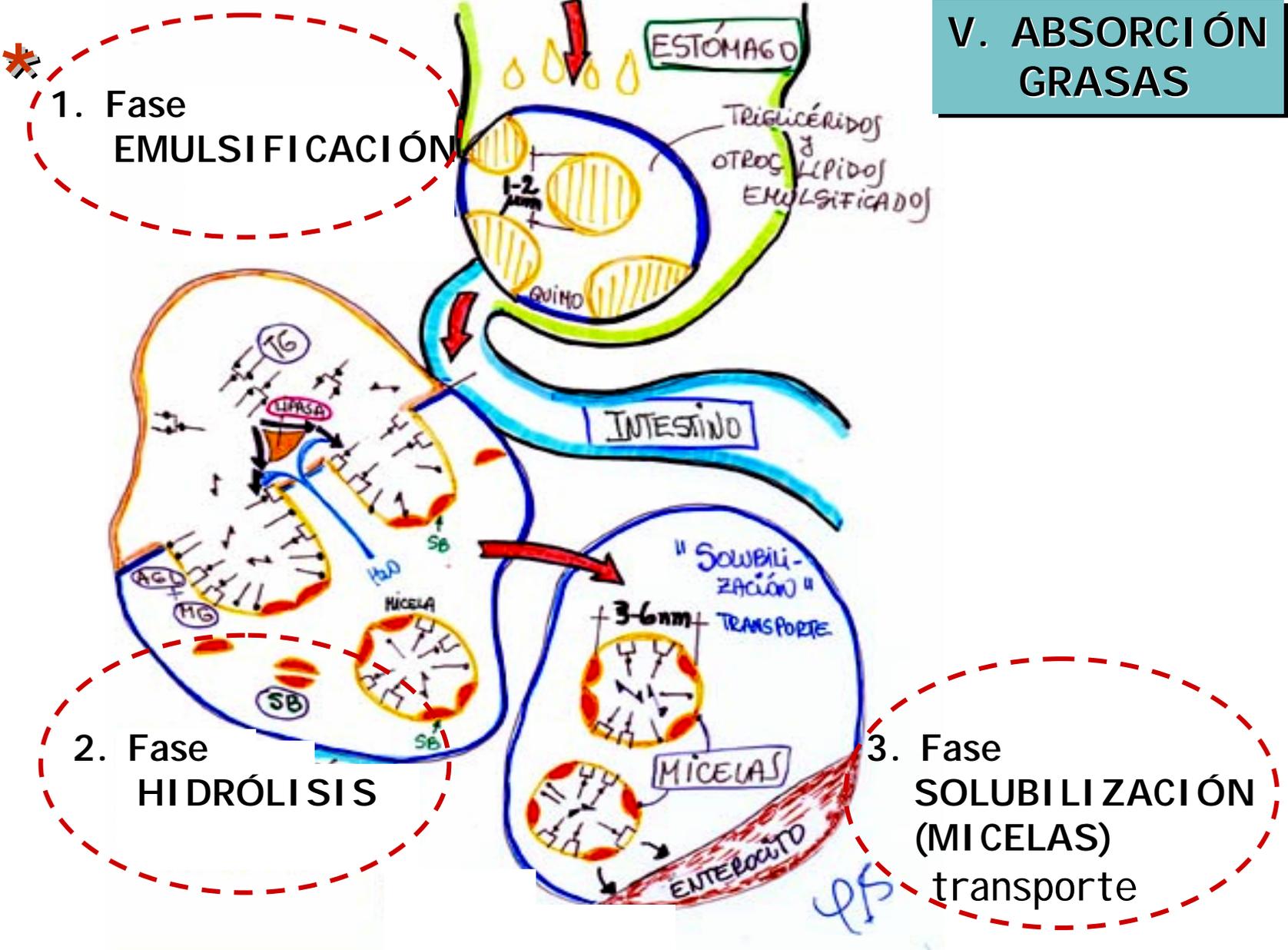
HIDRÓLISIS

TG, fosfolípidos, ésteres del colesterol

SOLUBILIZACIÓN

MG, fosfolípidos, ac. grasos c. larga, colesterol, vitaminas liposolubles

V. ABSORCIÓN GRASAS

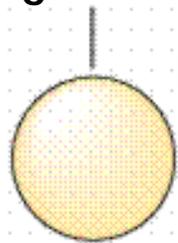




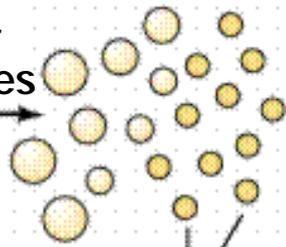
V. ABSORCIÓN GRASAS

ANTES ABSORCIÓN

Gota de grasa grande

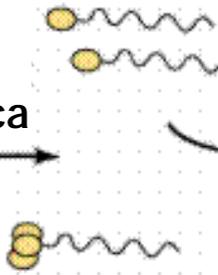


Mezcla + S. Biliares

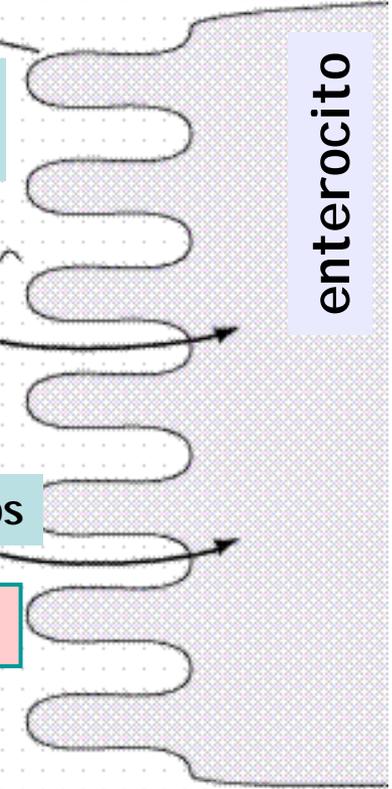


EMULSIFICACIÓN

+ lipasa pancreática

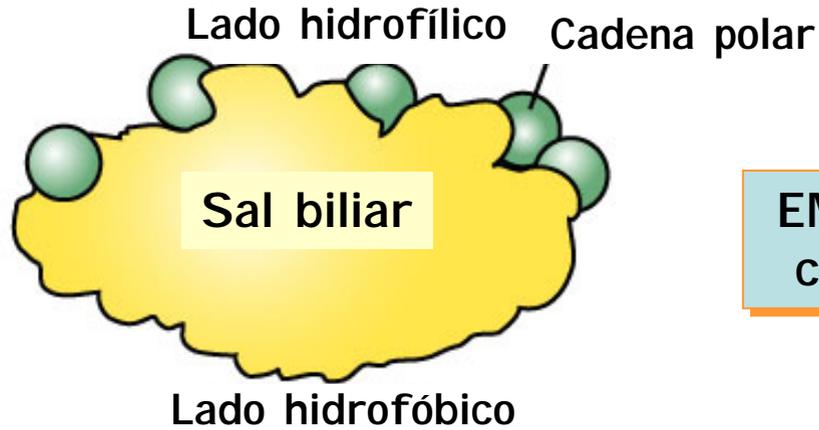


HIDRÓLISIS

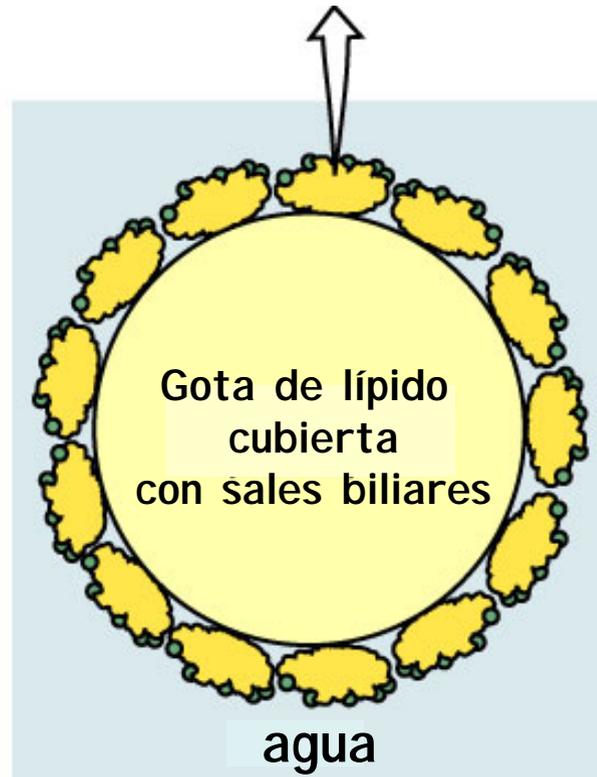


enterocito

**ANTES
ABSORCIÓN**



**EMULSIFICACIÓN
con Sales Biliares**





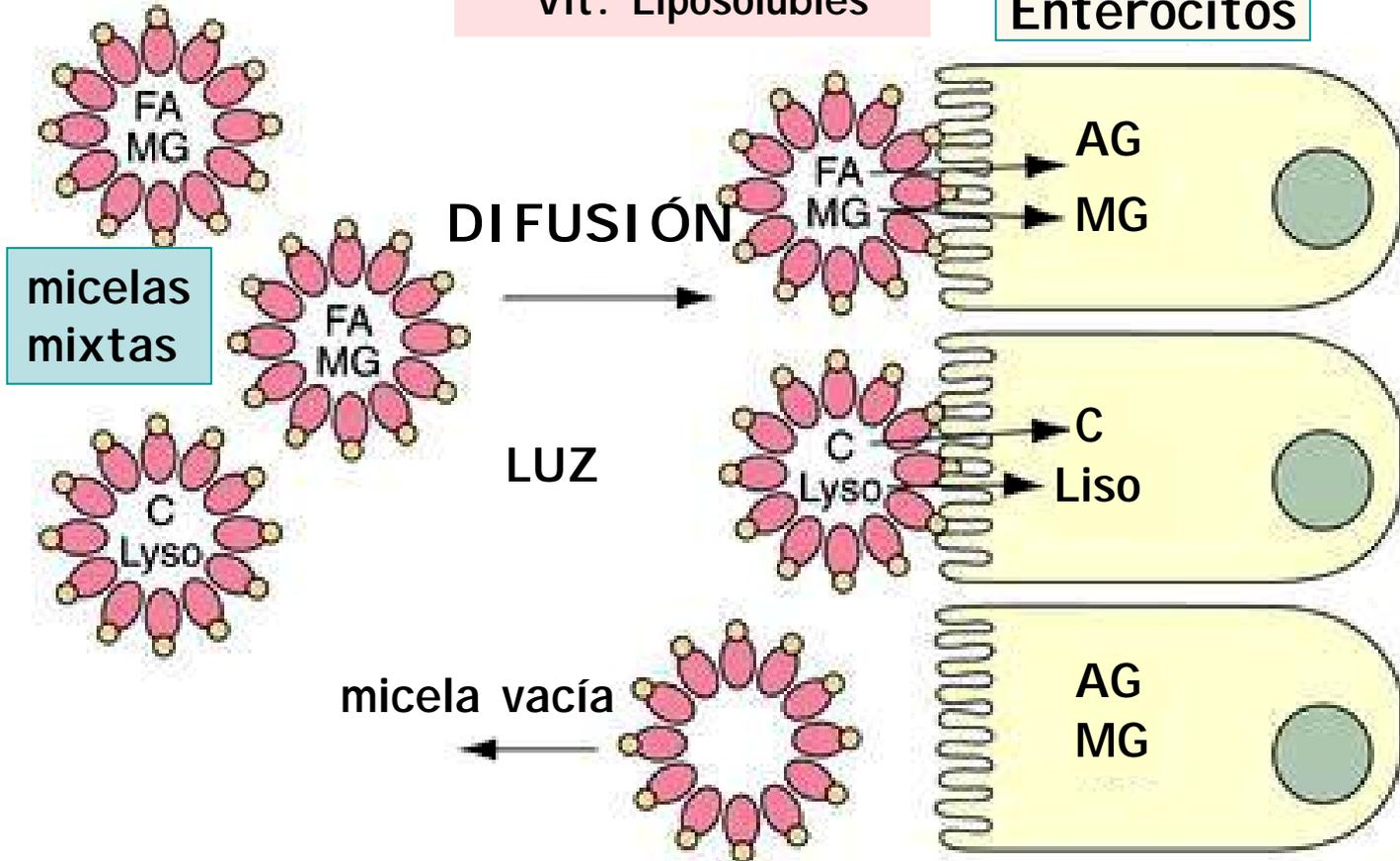
ANTES ABSORCIÓN

Micelas SB

MG, Fosfolípidos,
Colesterol,
Ac. Grasos cad larga
Vit. Liposolubles

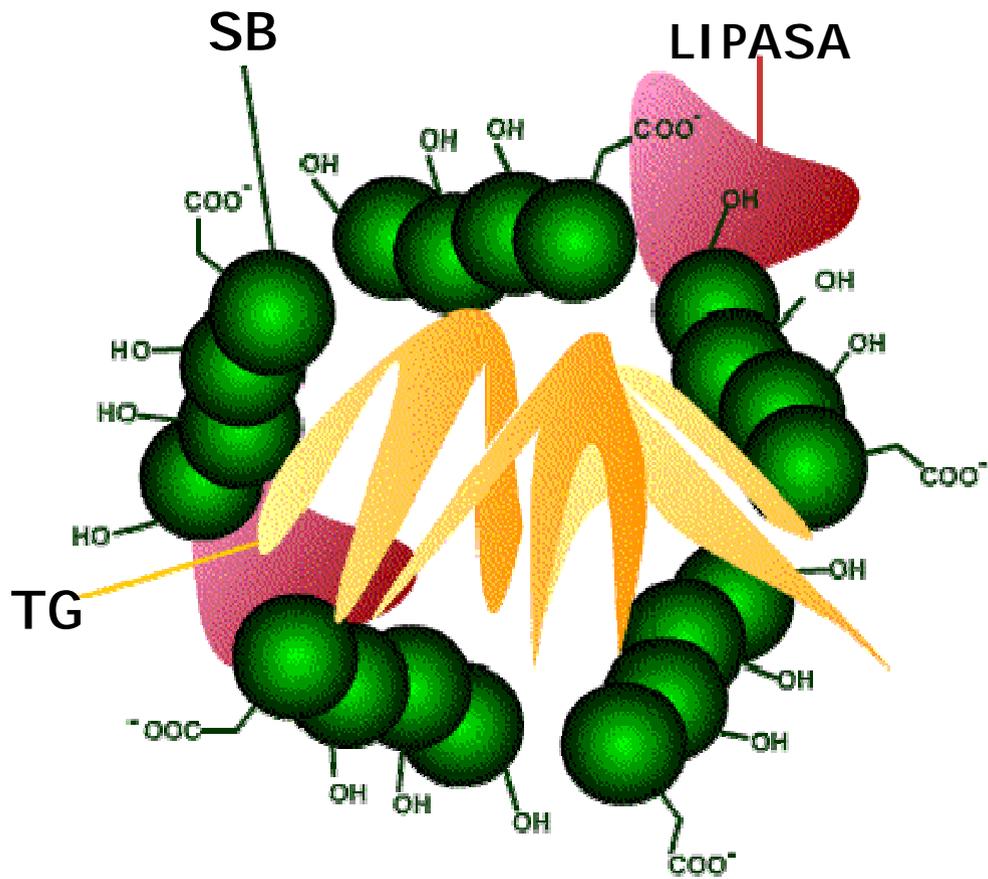
Solubilización

Enterocitos



V. ABSORCIÓN GRASAS

MICELA MIXTA SB



V. ABSORCIÓN GRASAS

1. TG, FOSFOLIP. ÉSTERES COLESTEROL

1. ANTES DE ABSORCIÓN

- Emulsificación **SB**
- Hidrólisis TG Fosfolip Ésteres de Colest.
- Solubilización MG, Fosfolip Colest Vit liposol Ac gran esp largo

DIGESTIÓN

TRANSPORTE MICELAS

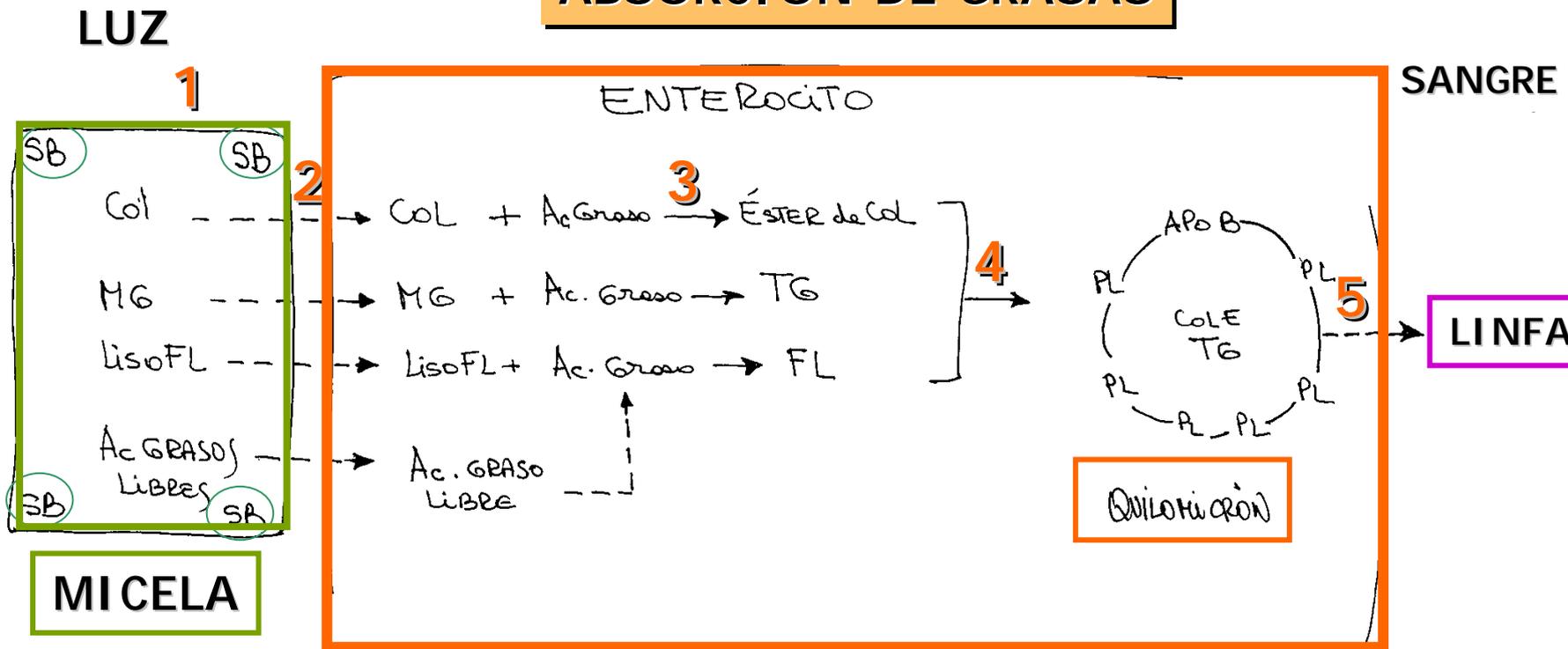
2. ABSORCIÓN por DIFUSIÓN

MEMBRANA APICAL ENTEROCITO



1. TG, FOSFOLIP. ÉSTERES COLESTEROL

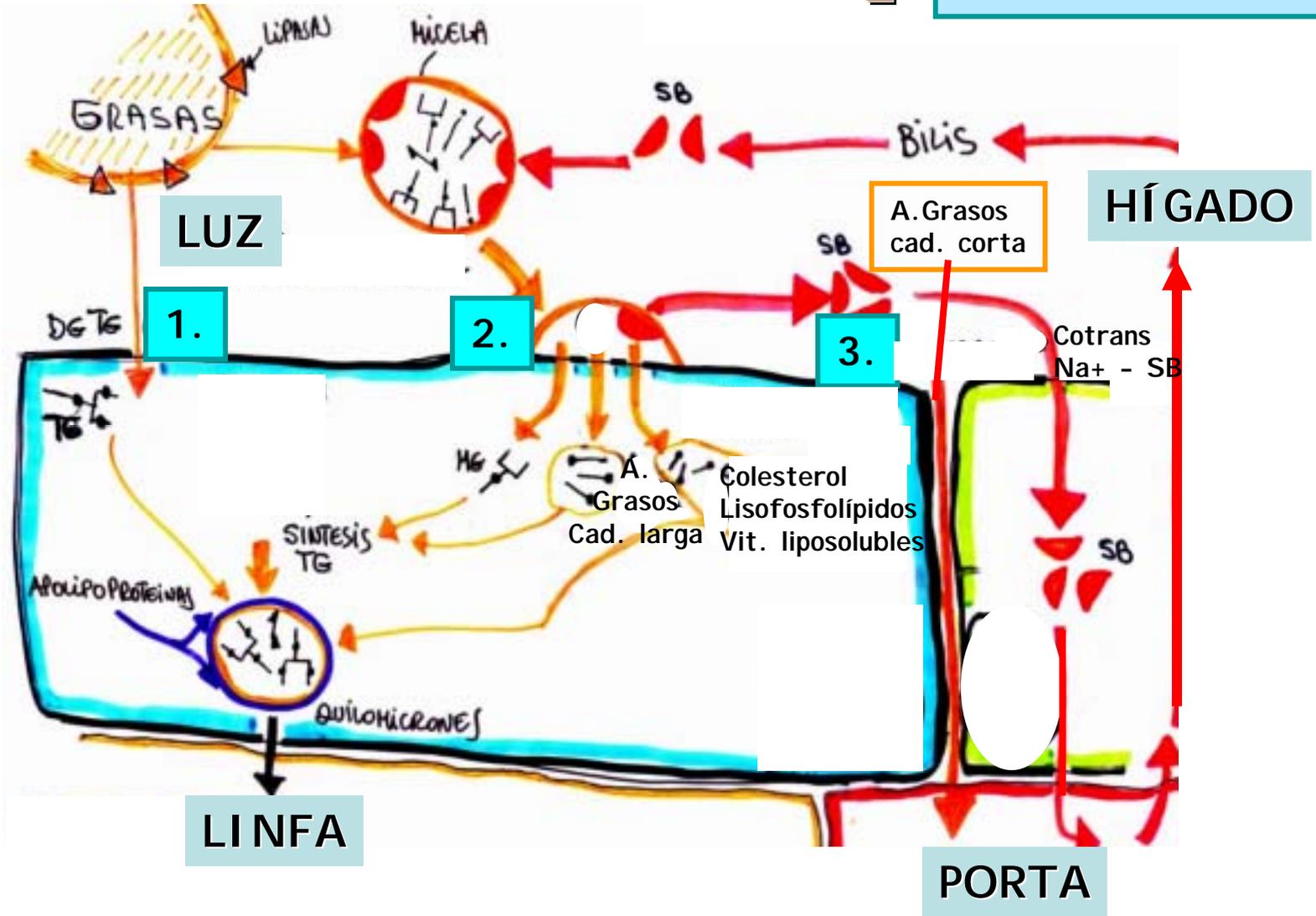
ABSORCIÓN DE GRASAS





2

DIFUSIÓN SIMPLE



V. ABSORCIÓN GRASAS

1. TG, FOSFOLIP. ÉSTERES COLESTEROL

DENTRO DEL ENTEROCITO

- Reesterificación
- Agregación glóbulo grasa
- Quilomicrón
- Exocitosis

1. RELISO

"REESTERIFICACIÓN"

FORMACIÓN de: TG
FOSFOLÍPIDOS
ÉSTERES de COLESTEROL

1. TG, FOSFOLIP.
ÉSTERES COLESTEROL

DENTRO DEL
ENTEROCITO

2. APTO
GOLGI

"AGREGACIÓN DE LÍPIDOS"

- GLÓBULOS de GRASA.
FOSFOLÍPIDOS hacia afuera

3. RE
RUGOSO

"SÍNTESIS APOPROTEÍNAS"
"FORMACIÓN SUILOMICELAS"

AFUERA | PROTEÍNA
FOSFOLÍPIDOS *anfipáticos*

ADENTRO | TG
ÉSTERES COLESTEROL
vit LIPOSOLUBLES

4. MEMB.
LAT. BASAL

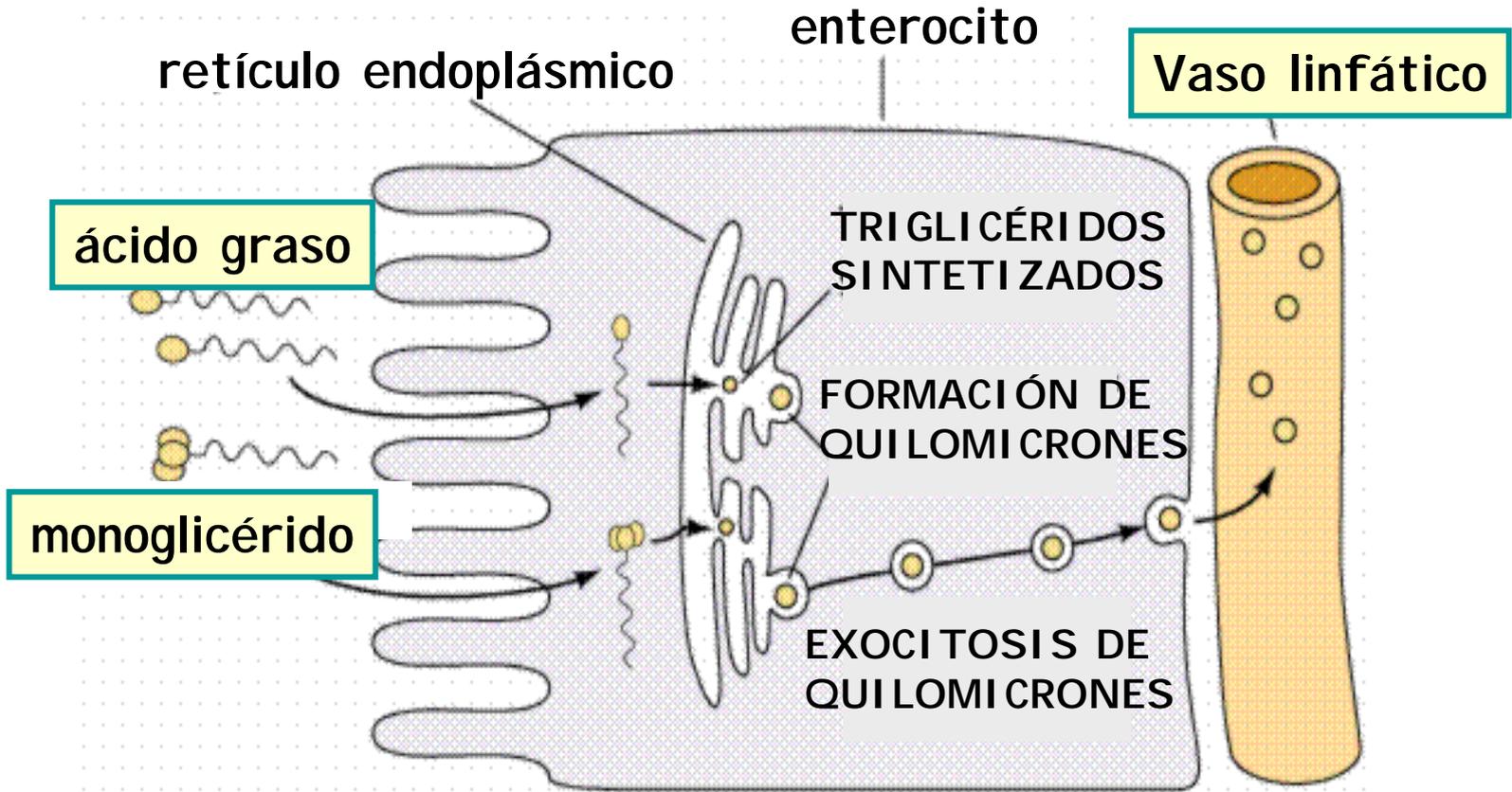
"EXOCITOSIS" → INTERSTICIO





1. TG, FOSFOLIP.
ÉSTERES COLESTEROL

DENTRO DEL
ENTEROCITO

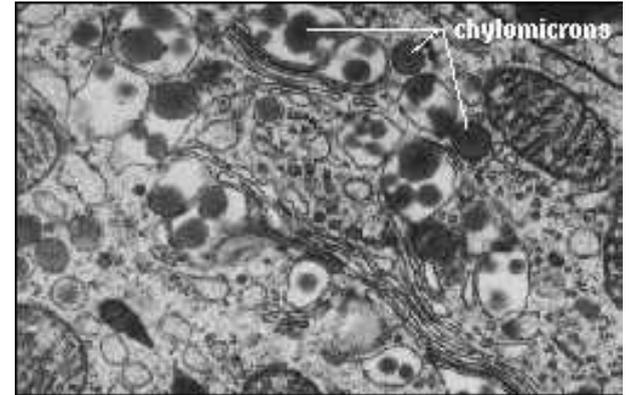


LUZ

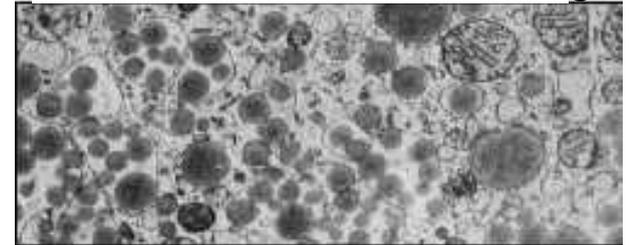
- 1 Los Ac. grasos entran al enterocito
- 2 Los Ac.grasos resintetizan grasas en el RE
- 3 Las grasas se agrupan envueltas en proteínas y forman quilomicrones
- 4 Los quilomicrones salen del enterocito y entran al linfático
- 5 La linfa lleva quilomicrones a circulación general

NO van al hígado

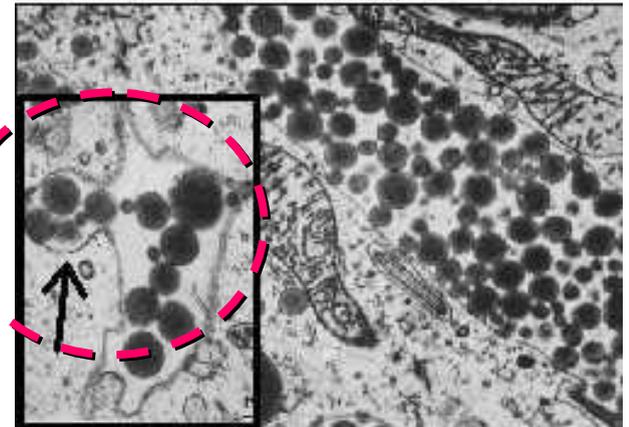
LUZ INTESTINAL



Vesículas saliendo del Golgi



Vesículas secretoras



Exocitosis de quilomicrones

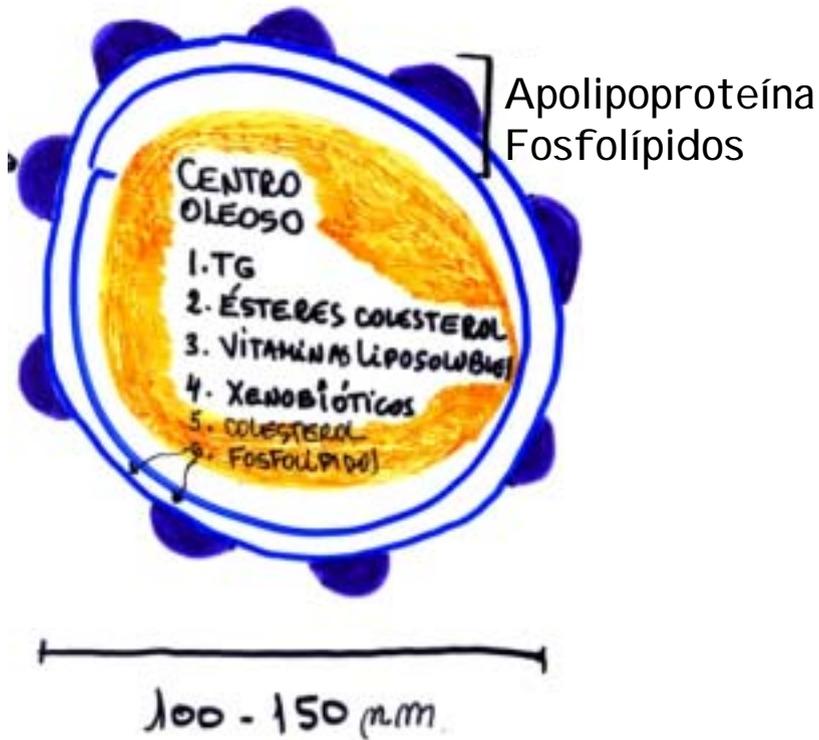
ops



QUILOMICRÓN

V. ABSORCIÓN GRASAS

1. TG, FOSFOLÍPIDOS
ÉSTERES COLESTEROL



10 veces más pequeño
que glóbulo de grasa (1.5 μ m)

50 veces más grande
que micela (3-6 nm)

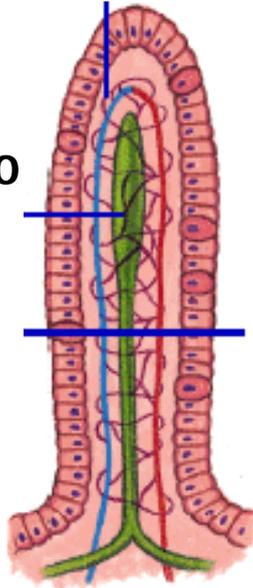
	%
TG	90
Ésteres Ch	1-3
Ch	1
Proteínas	1-5
Fosfolípidos	6,5



V. ABSORCIÓN GRASAS

Paso de los quilomicrones al vaso linfático

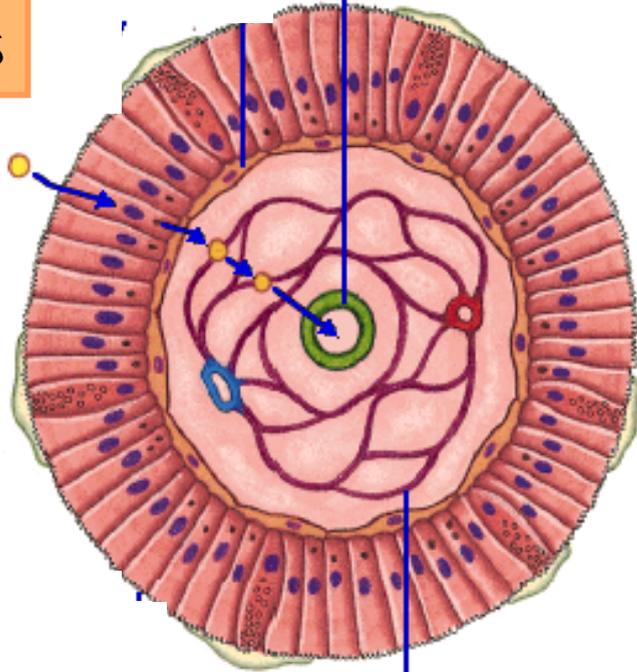
Linfático central



grasas



Linfático central



capilares

¿Por qué entra a linfático y no a capilares??

V. ABSORCIÓN GRASAS

QUILOMICRONES

Intersticio

LINFA

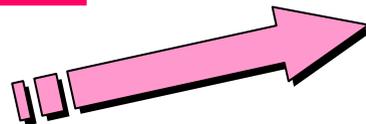
V. Cava Sup.

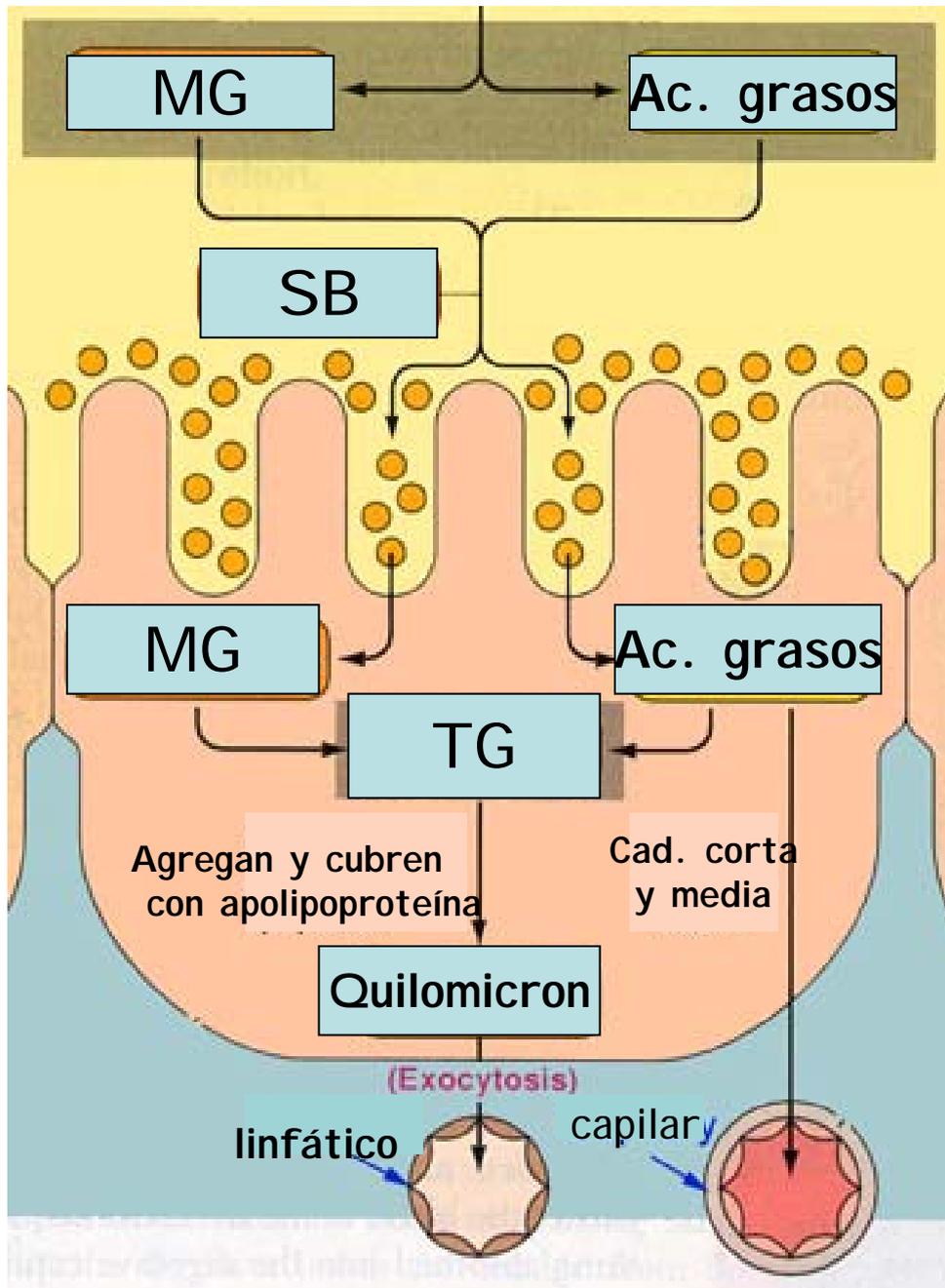
CIRCULACIÓN



Plasma claro

Plasma lechoso
20-30 min
después de una
comida grasa





1. TG, FOSFOLIP.
ÉSTERES COLESTEROL

Transporte en micelas

Absorción por difusión

Reesterificación

Formación quilomicrones
Exocitosis

Paso a linfa



2. COLESTEROL

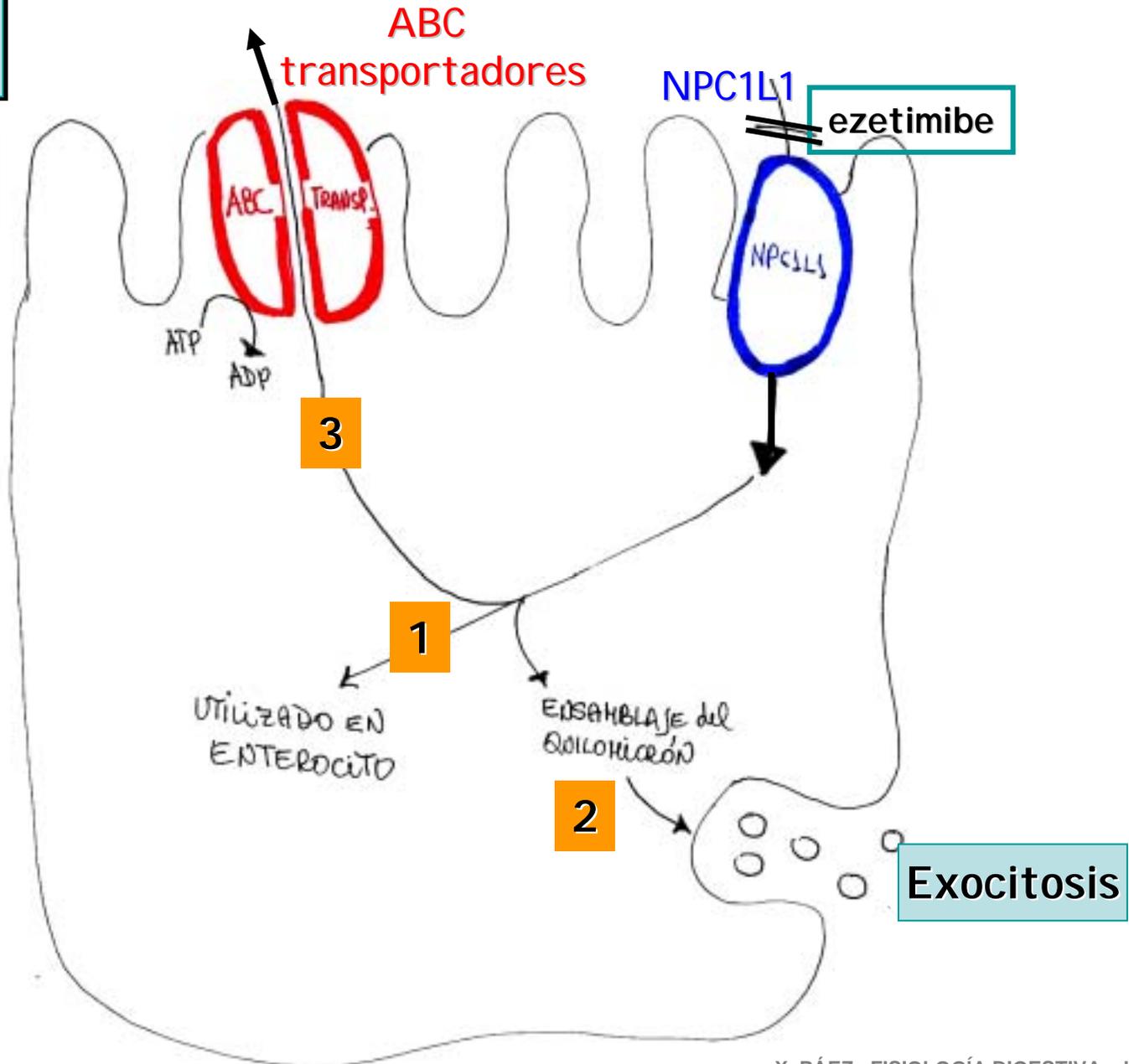
- * Ésteres de colesterol: DIGESTIÓN
 - * Colesterol libre: transporte en MICELAS
 - * Colesterol reesterificado: en QUILOMICRONES
-
- * **SOYA** compite por la reesterificación:
Se forman esteroides de soya.
El colesterol se pierde en heces

Transportadores Colesterol

Manejo intestinal del colesterol

3

Para colesterol y esteroles vegetales



Exocitosis



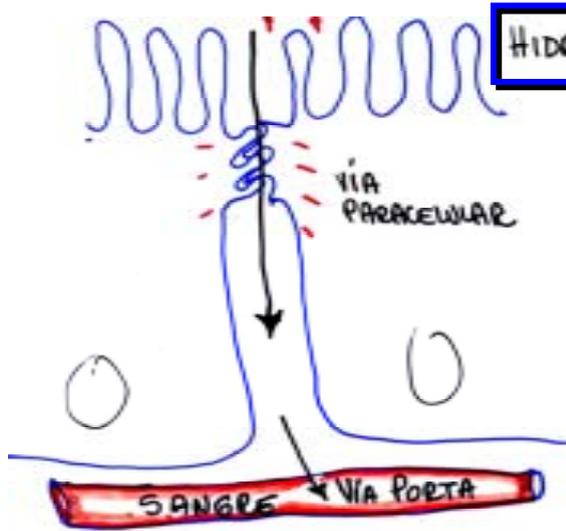
V. ABSORCIÓN GRASAS

3. VIT. LIPOSOLUBLES (A,D,E,K)

- * No se digieren
- * Transporte en MICELAS al enterocito
- * Va en QUILOMICRONES a la linfa



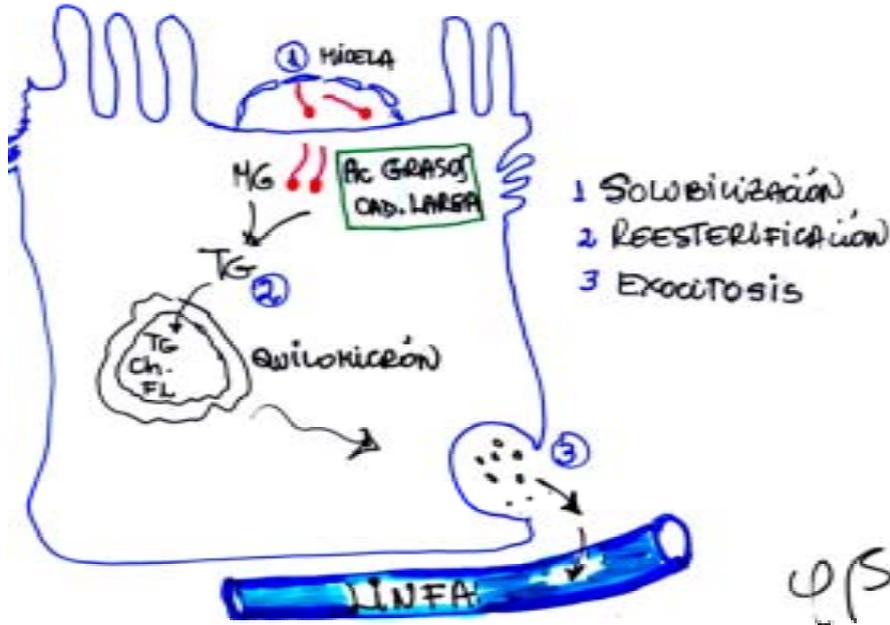
4. AC. GRASOS



Ac. butírico
 Ac. acético
 Ac. propiónico

Ácidos grasos
 cadena CORTA

Vs.



Ácidos grasos
 cadena LARGA

eps



V. ABSORCIÓN GRASAS

- * Rápida en la parte SUPERIOR del intestino (duodeno - yeyuno)
- * Se absorbe el 95%
No debe pasar del 5% en heces
- * El recién nacido no absorbe más del 10-15% (inmadurez pancreática)
Lipasa mamaria ayuda a digerir leche



5. ESTEATORREA

Pérdida de **más del 5%** de grasa en heces:
Heces voluminosas que flotan!

CAUSAS

1. **Déficit de SB** por
obstrucción hepática o biliar
alteración de absorción de SB en ileon
2. **Alteración de secreción pancreática**
falta de lipasa, falta de pH alcalino
3. **Daño del enterocito**
Síndrome de malabsorción



VI. ABSORCIÓN Ac. NUCLEICOS

